



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ DOMU PRO SENIORY  
VE ŠTERNBERKU NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEHO  
PROVOZEM**

THE INFLUENCE OF INSULATING THE PENSIONERS' HOME IN ŠTERNBERK ON THE  
EXPENSES ASSOCIATED WITH ITS OPERATION

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Ing. Jiří Ťuka

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

**BRNO 2017**



Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2016/17

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Ing. Jiří Ťuka

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Realitní inženýrství (3917T003)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

**Vliv provedení zateplení domu pro seniory ve Šternberku na výdaje spojené s jeho provozem**

v anglickém jazyce:

**The Influence of Insulating the Pensioners' Home in Šternberk on the Expenses Associated with its Operation**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce bude provést návrh na zateplení domu pro seniory ve Šternberku v několika variantách. Na základě těchto návrhů následně spočítat náklady na realizaci navržených variant a nákladů na provozování domu pro seniory před a po provedení zateplení. Následně bude zpracována ekonomická návratnost u jednotlivých navržených variant a bude provedeno závěrečné vyhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce bude zhodnocení ekonomické návratnosti jednotlivých navržených variant zateplení domu pro seniory ve Šternberku.

Seznam odborné literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, 1. vydání, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016 Brno. 790 s. ISBN 978-80-7204-930-1.

DAHLSVEEN, T., PETRÁŠ, D., HIRŠ, J. Energetický audit budov, Jaga, 2003, 344 s, ISBN 80-88905-86-9.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Čech, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 11. 10. 2016



doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředitel vysokoškolského ústavu



## ***Abstrakt***

Diplomová práce je zpracována za účelem zhodnocení ekonomické návratnosti jednotlivých navržených variant zateplení domu pro seniory ve Šternberku. Pro výpočet je použit samostatně stojící zděný bytový dům ve Šternberku na ulici Žitná. Teoreticky jsou popsány druhy budov podle potřeby tepla na vytápění a různé varianty tepelně-izolačních materiálů. Ve druhé části jsou provedeny návrhy na zateplení domu v několika variantách. Je zpracován průkaz energetické náročnosti budovy, náklady na realizaci navržených variant a náklady na provozování bytového domu před a po provedení zateplení. Na základě porovnání výsledků je zpracována ekonomická návratnost u jednotlivých navržených variant.

## ***Abstract***

The diploma thesis is elaborate in order to evaluate the economic returns of each proposed building insulation options for seniors in Šternberk. For the calculation use to secluded brick apartment building in the street Žitná. The theoretical section describes the types of buildings according to heating demand and a list of different variants of thermal insulation materials. The second part contains suggestions for building insulation in several variants. It worked certificate of energy performance of buildings, costs of proposed options and the costs of operating the apartment building before and after the insulation. Based on the comparison of results is elaborate economic returns for each of the proposed options.

## ***Klíčová slova***

Bytový dům, zateplení, zateplovací systém, ekonomická návratnost investic, energetická náročnost budov, součinitel prostupu tepla.

## ***Keywords***

Apartment building, insulation, insulation system, the economic return on investment, energy performance of buildings, heat transfer coefficient,

### ***Bibliografická citace***

ŘUKA, J. *Vliv provedení zateplení domu pro seniory ve Šternberku na výdaje spojené s jeho provozem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 74 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Čech, Ph.D.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

Podpis diplomanta

### ***Poděkování***

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky a své rodině za podporu během celého mého studia.



# Obsah

1	ÚVOD .....	11
2	LEGISLATIVA A VYBRANÉ POJMY UŽIVANÉ V ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV .....	12
2.1	Energetická náročnost budovy .....	12
2.2	Základní legislativa .....	12
2.3	Základní pojmy v energetické náročnosti budov .....	13
2.3.1	<i>Tepelné mosty</i> .....	13
2.3.2	<i>Součinitel prostupu tepla</i> .....	14
2.3.3	<i>Tepelný odpor</i> .....	16
2.3.4	<i>Součinitel tepelné vodivosti</i> .....	16
2.3.5	<i>Kondenzace vodní páry v konstrukci</i> .....	16
2.3.6	<i>Obálka budovy</i> .....	17
2.3.7	<i>Referenční budova</i> .....	17
2.3.8	<i>Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)</i> .....	17
3	ROZDĚLENÍ BUDOV DLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI.....	20
3.1	Nízkoenergetické budovy .....	20
3.2	Pasivní budovy .....	21
3.3	Nulové budovy .....	22
3.4	Energeticky aktivní budovy.....	22
4	TEPELNĚ–IZOLAČNÍ MATERIÁLY .....	23
4.1	Druhy tepelně–izolačních materiálů.....	23
4.1.1	<i>Izolace z minerálních vláken</i> .....	23
4.1.2	<i>Pěnové polymery</i> .....	25
4.2	Způsoby zateplení.....	28
4.2.1	<i>Kontaktní zateplení</i> .....	28
5	ROZPOČTOVÁNÍ STAVEB.....	29
5.1	položkový rozpočet .....	30
5.1.1	<i>Rozpočtový software BUILDpower</i> .....	31
6	PRAKTICKÁ ČÁST .....	32
6.1	Popis stávajícího stavu řešeného domu pro seniory .....	32
6.1.1	<i>Celkový popis řešeného objektu</i> .....	34
6.2	Stávající konstrukce .....	36
6.2.1	<i>Konstrukce spodní stavby</i> .....	36
6.2.2	<i>Konstrukce obvodového pláště</i> .....	36

6.3	Nově navržené varianty zateplení objektu.....	36
6.3.1	Návrh zateplení pod terénem.....	37
6.3.2	Návrh zateplení soklu .....	37
6.3.3	Návrh zateplení obvodového pláště – varianta I.....	38
6.3.4	Návrh zateplení obvodového pláště – varianta II.....	39
6.3.5	Návrh zateplení obvodového pláště – varianta III .....	40
6.4	tepelně technické posouzení .....	41
6.4.1	Vyhodnocení součinitele prostupu tepla.....	42
6.4.2	Vyhodnocení teplotního faktoru.....	43
6.4.3	Vyhodnocení šíření vlhkosti konstrukcí .....	44
6.5	Výpočet celkových nákladů na provedení zateplení navržených variant .....	45
6.5.1	Položkový rozpočet varianty I - Isover EPS 70F.....	45
6.5.2	Položkový rozpočet varianty II - Isover TF PROFÍ.....	47
6.5.3	Položkový rozpočet varianty III - Kingspan KOOLTHERM K5 .....	49
6.6	Výpočet energetické náročnosti budovy .....	51
6.7	Náklady na provoz bytového domu .....	59
6.8	Ekonomická návratnost investice .....	60
7	ZÁVĚR.....	63
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	65
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	68
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....	71
11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK .....	72
12	PŘÍLOHY .....	74

# 1 ÚVOD

V dnešním světě je jednou z hlavních idejí snižování energetické náročnosti, a to s ohledem na globální oteplování, úspory a tepelnou pohodu. Většina budov realizovaných v dřívější době spotřebou energií zbytečně plýtvá, a to z důvodu, že v minulosti nebyly kladeny vyšší požadavky na energetickou náročnost budov. V současné době je již vypracována řada směrnic, které tyto požadavky a opatření naplňují, jak v oblasti výstavby nových budov, tak i při rekonstrukci stávajícího fondu budov. Investice do energeticky efektivní výstavby i rekonstrukce se po čase vrátí a následně začne významně spořit, což je důvodem k tomu, aby do nich investovali zejména sami majitelé.

Jedním ze způsobů, jak docílit této myšlenky je snížení energetické spotřeby nemovitosti, kterou lze dosáhnout zvýšením tepelného odporu obvodového pláště. Zvýšení tepelného odporu dosáhneme vhodně zvolenou tepelně izolační vrstvou. Při výstavbě nové budovy je důležitá prvotní příprava a návrh konstrukčního systému, zateplení obvodových stěn, stropů, střech, podlah a zvolení vhodných výplní otvorů. Správným návrhem lze dobře minimalizovat náklady. U stávajících objektů, které nevyhovují současným požadavkům na energetickou náročnost budov je třeba zaměřit se na vylepšení konstrukcí a zateplení.

Cílem diplomové práce je vyhodnotit vliv provedení zateplení v několika variantách stávajícího bytového domu na výdaje spojené s jeho provozem před zateplením a po zateplení. Pro jednotlivé varianty jsou spočítány náklady na realizaci zateplení a sestaveny průkazy energetické náročnosti budovy. V závěru práce je zhodnocena ekonomická návratnost investic.

## **2 LEGISLATIVA A VYBRANÉ POJMY UŽIVANÉ V ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV**

Vlastník nemovitosti musí zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a splnění porovnávacích ukazatelů, které stanovují prováděcí předpisy a české technické normy. Prováděcí právní předpisy stanovují požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele, metodu výpočtu energetické náročnosti budovy a podrobnosti vztahující se ke splnění těchto požadavků. Při změnách dokončených budov jsou požadavky plněny pro celou budovu nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy a měněné technické systémy. Vlastník nemovitosti je povinen před výstavbou či rekonstrukcí předložit průkaz energetické náročnosti budovy, který obsahuje hodnocení. (1)

### **2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY**

Energetickou náročnost budovy charakterizuje, u již existujících staveb množství energie skutečně spotřebované zejména na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vnitřního prostředí větráním nebo klimatizačním systémem a na osvětlení. U projektů nových staveb se množství energie stanovuje výpočtem podle požadavků na standardizované užívání budovy. (2)

### **2.2 ZÁKLADNÍ LEGISLATIVA**

Nejpodstatnějším zákonem, který řeší problematiku energetické náročnosti budov je zákon č. 406/2000 Sb., *o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů*. Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanovuje některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií a využívání její obnovitelných a druhotných zdrojů. Vydány byly další prováděcí předpisy, které podrobněji rozvádějí a upřesňují hodnocení energetické náročnosti budov. Vyhláška č. 213/2012 Sb., *o energetickém auditu a energetickém posudku*. Zde jsou uvedeny požadavky na výstupy energetického auditu, postupy pro sestavení energetických bilancí s opatřením na snížení spotřeby energie v předmětném objektu. Dalším prováděcí předpisem je vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Tato vyhláška byla upravena novelou č. 230/2015 Sb. Vyhláška stanovuje požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele, výpočtovou metodu stanovení energetické náročnosti budov a náležitosti průkazu energetické náročnosti budov. (2)

Pro vyhodnocení energetické náročnosti budov se používá řada technických norem. Nejpodstatnější technická norma, která řeší zateplení a izolace jednotlivých částí stavby je norma ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – požadavky, v aktuálním znění*. V této normě jsou uvedeny požadavky v oblasti technického systému na stav vnitřního prostředí při jejich užívání ve vztahu úspory energie a tepelnou ochranu. Dále norma určuje požadavky na tepelné izolace. (3)

## **2.3 ZÁKLADNÍ POJMY V ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV**

Užívaných pojmů je obsaženo v energetice budov nespočet. Pro stručný přehled budou představeny základní pojmy, které jsou používány v rámci diplomové práce.

### **2.3.1 Tepelné mosty**

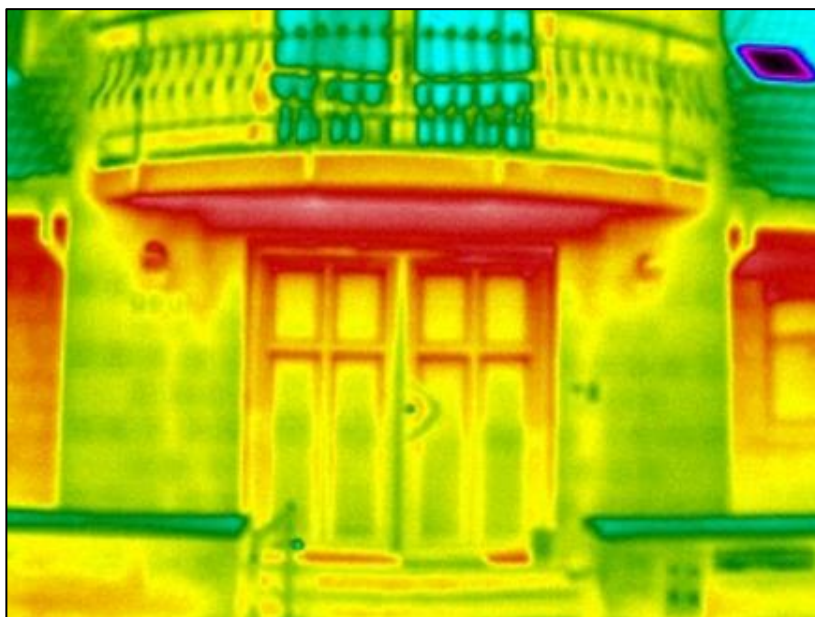
Vliv tepelných mostů se zvyšuje s rostoucími požadavky na tepelnou ochranu budov. Tepelný most je místo, kde dochází v konstrukci k větším tepelným tokům v porovnání s okolím. Zvýšené tepelné toky jsou v místech obvodového pláště budovy, kde je vnitřní povrch interiéru chladnější než povrch v exteriéru. Tepelný most je tedy místo, kde je izolační schopnost konstrukce oslabena a tímto místem uniká teplo z interiéru do exteriéru. (4)

Tepelné mosty jsou důležité jak z hygienického, tak i energetického a ekonomického pohledu. Za následek mohou mít vznik kondenzace vlhkosti a plísní. Mohou mít i velký vliv na statiku stavby, kterou mohou i ohrozit. Vliv tepelných mostů je ovlivněn i kvalitou materiálu a technologií výstavby. (5)

V minulosti byly s tepelnými mosty často problémy a byly brány jako důsledek stárnutí stavby. Při současné výstavbě objektů je na tento problém velmi dbáno se snahou zamezení tepelných toků v konstrukci.

Jedním z nejčastějších míst výskytu tepelného mostu je styk vodorovné konstrukce a svislého zdiva. K závadě také může dojít, pokud jsou ve stavebním systému nahrazeny předepsané prvky jinými, méně kvalitními. Důležité také je správné napojení okenních rámců a tepelné izolace, napojení izolace střechy a stěn atd. Lokalizovat taková místa lze pomocí termokamery, která barevně rozlišuje teplé a chladné povrchy konstrukce. Výskyt tepelných mostů můžeme zamezit správně provedeným zateplením a vhodně zvoleným materiálem.

Hygienické požadavky tepelných mostů pro předejití vzniku plísní a udržení zdravého mikroklimatu řeší i norma ČSN 73 0540-2 předepsáním minimálních přípustných povrchových teplot konstrukcí. (6)



*Obr. č. 1 – Viditelný únik tepla konstrukcí zaznamenaný termokamerou. (7)*

### **2.3.2 Součinitel prostupu tepla**

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukci o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot jejích povrchů  $1 \text{ K}$ . Čím nižší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím konstrukce lépe zabraňuje úniku tepla. Součinitel prostupu tepla je označován velkým písmenem  $U$  s jednotkou  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  a lze se s ním setkat jak u konstrukce, tak i u výplní otvorů. (8)

Součinitel prostupu tepla konstrukcí musí v prostorech s relativní návrhovou vlhkostí vzduchu menší než 60 % vyhovět podmínce  $U \leq U_N$

kde

$U_N$  je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla.  $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

Při výpočtu a posouzení je nutno počítat s vlivem tepelných mostů a nelineárním chováním přestupu tepla při povrchu konstrukce na straně exteriéru i interiéru. To se zohledňuje bezpečnostními přírážkami. Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2. (8)

Tab. č. 1 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 (9)

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_W = A_W / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; A <sub>W</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_W \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_W$	0,2 + $f_W$  0,15 + 0,85 · $f_W$
	$f_W > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_W$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>	-	1,3	0,9-0,7

### 2.3.3 Tepelný odpor

Tepelný odpor vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 W, čili k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 sekundu. (10) Čím větší má tepelný odpor jednotlivá konstrukce, tím má lepší tepelně izolační vlastnosti. Tepelný odpor je označován velkým písmenem  $R$  s jednotkou  $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ .

Při výpočtu je uváděn tepelný odpor  $R_T$  konstrukce při prostupu tepla, který se vypočte jako součet tepelných odporů konstrukce  $R$ , odporu při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  a odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se}$ . (10)

Tepelné odpory při přestupu tepla jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-3.

Tab. č. 2 – Hodnoty tepelného odporu dle ČSN 73 0540-3:2011 (11)

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce / povrch	Tepelný odpor při přestupu tepla $R_{se}$ a $R_{si}$ [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ]
vnější zemina	souč.prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako $R_{si}$
		styk se zeminou	0
vnitřní	souč.prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,10
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

### 2.3.4 Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti vyjadřuje schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. (12) Čím je součinitel tepelné vodivosti menší, tím lépe tento materiál izoluje. Součinitel tepelné vodivosti je označován jako  $\lambda$  (lambda) s jednotkou  $\text{W}/\text{mK}$ .

### 2.3.5 Kondenzace vodní páry v konstrukci

*„Prokazuje se buď vyloučením kondenzace nebo souběžným splněním podmínek pro omezení ročního zkondenzovaného množství  $M_c$  a roční bilance kondenzace a vypařování vlhkosti.*

*Hodnotí riziko vzniku kondenzace vodních par uvnitř konstrukce, popř. její omezení na přípustnou míru danou jednak neohrožením funkce konstrukce (např. nesníží se životnost, únosnost...), jednak zkondenzovaným množstvím (omezení ročního zkondenzovaného množství, jak v absolutním, tak v relativním vyjádření; přitom při uplatnění dřeva a nebo*



*materiálu na bázi dřeva jsou podmínky přísnější) a také příznivou roční bilancí zkondenzované a vypařitelné vlhkosti.“ (6)*

### **2.3.6 Obálka budovy**

Obálka budovy v sobě zahrnuje všechny obalové konstrukce budovy, tedy stavební konstrukce a prvky, které obalují vnitřní prostředí budovy. Definuje se jako plocha, která je tvořena vnějším povrchem konstrukcí ohraničující vnitřní prostředí budovy. Obalovými konstrukcemi budovy jsou stavební prvky a konstrukce jako například střešní plášť, obvodové stěny, okna, střešní okna, vstupní dveře, lehké obvodové pláště a podlahy oddělující vnitřní prostředí budovy od zeminy. (13)

### **2.3.7 Referenční budova**

*Referenční budova je „výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy.“ (14)*

Znamená to tedy, že při posouzení objektu má referenční budova stejné rozměry a tvar, avšak konstrukcím se přiřadí normové hodnoty součinitele prostupu tepla, které předepisuje ČSN 73 0540–2.

### **2.3.8 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)**

Průkaz energetické náročnosti budov (PENB) slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budovy. Vyhodnocuje veškeré energie spotřebované při standardizovaném provozu hodnocené budovy a zařazuje budovu do příslušné třídy v rozsahu A-G. Průkaz hodnotí veškerou energii potřebnou pro provoz budovy, tedy energii na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energii na osvětlení. Průkaz lze zpracovat pro jakoukoliv budovu či její ucelenou část. (15)

Průkaz energetické náročnosti budovy platí 10 let ode dne data vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován. Průkaz může vypracovat pouze oprávněná osoba. (16)

V současné době je dle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií vlastník budovy povinen zpracovat průkaz energetické náročnosti budovy při prodeji, pronájmu budovy nebo jejích ucelených částí. (16)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY			
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov			
Ulice, číslo: ..... PSČ, místo: ..... Typ budovy: ..... Plocha obálky budovy: ..... m <sup>2</sup> Objemový faktor tvaru A/V: ..... m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> Celková energeticky vztažná plocha: ..... m <sup>2</sup>		<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 100px;">FOTO</div>	
ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY			
Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)			
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Mimořádně úsporná <b>A</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Velmi úsporná <b>B</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Úsporná <b>C</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #FFFF00; color: black; padding: 5px; text-align: center;">Méně úsporná <b>D</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">Nehospodárná <b>E</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #FF4500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">Velmi nehospodárná <b>F</b></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Mimořádně nehospodárná <b>G</b></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Dop. <b>A</b></div> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; text-align: center;">XXX <b>B</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">C <b>C</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">D <b>D</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">E <b>E</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">F <b>F</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">G <b>G</b></div>	<div style="background-color: #00BFFF; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #0099CC; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #0077AA; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #005588; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #003366; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div> <div style="background-color: #001133; height: 30px; width: 100px;"></div> <div style="text-align: right;">← XXX</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Dop. <b>A</b></div> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; text-align: center;">XXX <b>B</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">C <b>C</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">D <b>D</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">E <b>E</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">F <b>F</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">G <b>G</b></div>
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X	

Obr. č. 2 – Vzor PENB strana č. 1 (17)

### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou Doporučení

### PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

- Slunce a energie prostředí
- Biomasa
- Zemní plyn
- Uhlí
- Topné oleje
- Dálkové teplo
- Elektřina ze sítě
- Jiné

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie				Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	
Minimální hospodár							
<b>A</b>				Dop.			
<b>B</b>	Dop.			XXX			
<b>C</b>	XXX	Dop.			XXX		
<b>D</b>		XXX					XXX Dop.
<b>E</b>						XXX	
<b>F</b>			XXX				
<b>G</b>							
Maximální neohospodár							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		XX	XX	XX	XX	XX	XX

Zpracovatel: .....  
Kontakt: .....

Osvědčení č.: .....  
Vyhотовeno dne: .....  
Podpis: .....

Obr. č. 3 – Vzor PENB strana č. 2 (17)

### 3 ROZDĚLENÍ BUDOV DLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Každý objekt spotřebovává na svůj provoz určité množství energie. Topení, ohřev teplé vody, svícení, větrání a další činnosti, jimiž musíme dodávat energii. Nízkoenergetická výstavba se vyznačuje nízkou spotřebou energie, čehož dosáhne zejména kvalitní tepelnou izolací celého vnějšího pláště a jeho vzduchotěsným provedením. Dalším důležitým faktorem je využití tepelných zisků z alternativních zdrojů, kam patří především solární energie. Už při návrhu je důležité z hlediska budoucích investic za energie zvolit správně druh energeticky náročného objektu. Hlavním důvodem výstavby nízkoenergetických objektů je dosažení nízkých investic na provoz budovy a šetrný přístup ke zdrojům získávaných z fosilních paliv.

Energetické vlastnosti budovy ovlivní zejména volba pozemku a osazení budovy na něm, orientace ke světovým stranám s ohledem na dopad přímého solárního záření na stavbu, tvarové řešení budovy, vyloučení tepelných mostů v konstrukci, vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích zón a orientace prostorů ke světovým stranám, velikosti prosklených ploch a vytápěných prostor či další souvislosti. (18)

Jedním z hlavních parametrů pro srovnání a určení nízkoenergetické budovy je měrná potřeba tepla, která udává potřebu tepla v kWh na vytápění 1 m<sup>2</sup> vytápěné plochy za rok. Měrná potřeba tepla se uvádí s jednotkou kWh/(m<sup>2</sup>a). (18)

V současné době rozlišujeme čtyři druhy řešení nízkoenergetických variant.

- nízkoenergetické budovy
- pasivní budovy
- nulové budovy
- energeticky aktivní budovy

#### 3.1 NÍZKOENERGETICKÉ BUDOVY

Nízkoenergetické budovy jsou objekty s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění, nepřesahující 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) a které využívají velmi účinnou otopnou sestavu. (18)

Hodnoty součinitelů prostupu tepla obvodových konstrukcí by měly být nižší než hodnoty, které jsou doporučeny normou ČSN 73 0540-2. Pro konstrukce obvodového pláště se součinitel prostupu tepla může pohybovat v rozmezí 0,1 – 0,2 W/(m<sup>2</sup>K). U výplní otvorů by součinitel prostupu tepla neměl překročit hodnotu 1,1 W/(m<sup>2</sup>K). (19)

Výše zmíněných hodnot docílíme optimalizací stavebního řešení obálky budovy, kvalitním provedením a vhodnou orientací na světové strany. Výměna vzduchu u nízkoenergetických budov může být řešena jako řízená, nicméně je doporučeno používat klimatizační jednotku s rekuperací tepla, která zajistí potřebnou výměnu vzduchu s minimálními energetickými ztrátami. (20)

### 3.2 PASIVNÍ BUDOVY

Pasivní budovy jsou objekty, u nichž měrná potřeba tepla na vytápění nepřesáhne 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Tento parametr však není jediným kritériem pro pasivní budovy. Velmi přísný požadavek je kladen na celkovou neprůzvučnost budovy viz. Tab. č. 3. Jedná se o hodnotu vystihující celkovou výměnu vzduchu při tlakovém rozdílu vzduchu 50 Pa. Tato neprůzvučnost obálky konstrukce je testována za pomoci tzv. Blower Door Testu, který se provádí během výstavby a následně i během užívání stavby. Zkouška měří výměnu vzduchu pomocí testu s ventilátorem. Současně nesmí u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem domu překročit hodnotu 120 kWh/(m<sup>2</sup>a). (18)

Tab. č. 3 – Porovnání hodnot koeficientu  $n_{50}$  v závislosti na rozdílném způsobu větrání dle ČSN 73 0540-2. (21)

Doporučené hodnoty celkové intenzity vzduchu $n_{50,N}$	
Větrání v budově	$n_{50,N}$ [h <sup>-1</sup> ]
Přirozené nebo kombinované	4,5
Nucené	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní domy)	0,6

Mezi další zásady pro pasivní dům patří podmínka součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí  $U \leq 0,15$  W/(m<sup>2</sup>K), součinitel prostupu tepla střechy  $U \leq 0,12$  W/(m<sup>2</sup>K) a součinitel prostupu tepla oken  $U \leq 0,8$  W/(m<sup>2</sup>K). (19)

U pasivních budov je vytápění převážně řešeno pomocí slunečního záření a zpětným získáváním vnitřního tepla. Mezi hlavní výhody pasivní budovy patří zejména nízké náklady

na vytápění, tepelná pohoda v místnosti během letního a zimního období, odhlučnění prostředí a vzduchotěsná obálka. (20)

### 3.3 NULOVÉ BUDOVY

Nulové budovy se vyznačují spotřebou tepla pro vytápění blízkou nule neboli menší než 5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Této hodnoty lze dosáhnout jen při mimořádných klimatických podmínkách, orientaci ke světovým stranám a jedinečném technickém řešení. (18)

V naší legislativě je již vlivem Evropské unie vydána novela zákona o hospodaření s energiemi č. 318/2012 Sb. s účinností od 1. 1. 2013 s novou prováděcí vyhláškou 78/2013 Sb. s účinností od 1. 4. 2013, ve které je uvedeno, že od 1.1.2020 musí rodinné, bytové a administrativní budovy splňovat požadavky, tak aby měly téměř nulovou spotřebu energie. (22)

Nulové budovy jsou navrženy v pasivním standardu, který pomocí obnovitelných zdrojů zajišťuje pokrytí své celkové energetické spotřeby.

### 3.4 ENERGETICKY AKTIVNÍ BUDOVY

Aktivní budova, je takový objekt, který vyrobí více energie, než sám spotřebuje. Přebytkovou energii aktivní budova posílá dále do veřejné sítě. Staví se z ekologických a přírodních materiálů a představují efektivní a udržitelný způsob života. (23) V současné době je výskyt tohoto typu budovy v ČR na velmi nízkém počtu.

*„Aktivní dům je vybaven vlastními energetickými zdroji, které využívají těch nejmodernějších technologií dostupných na trhu a vyrobí více energie, než dům a jeho obyvatelé spotřebují. Střecha slouží k umístění solárních kolektorů pro ohřev teplé vody a částečně i pro vytápění. Tato energie je akumulována v nádržích a tímto způsobem je zajištěno její ideální použití v době, kdy je jí maximálně potřeba. Fotovoltaické panely vyrábějí elektrickou energii pro vlastní potřebu domu a v případě jejího přebytku jí dodávají do sítě. Doplnkovými zdroji tepla mohou být kotle na biomasu nebo tepelná čerpadla. Pro zdravé vnitřní prostředí je nutná pravidelná výměna vzduchu, k čemuž slouží hybridní větrání. Jedná se o kombinaci řízeného větrání s rekuperací tepla a přirozeného větrání v letním období. Díky přebytku energií je dům schopen vracet i část pořizovacích nákladů.“ (24)*

## 4 TEPELNĚ–IZOLAČNÍ MATERIÁLY

Izolace je v dnešní době jednou ze základních součástí stavby. Vhodným výběrem materiálu a aplikací významným způsobem ovlivní úroveň kvality celého objektu a přispívá k tepelné pohodě uvnitř řešeného prostředí.

V minulosti patřily mezi první izolační materiály přírodní druhy v podobě sena a slámy. V 60. letech se začaly objevovat plasty, které se ve velké míře začaly uplatňovat u spodní části budov. Dnes jednoznačně patří i mezi nejpoužívanější tepelné izolace.

### 4.1 DRUHY TEPELNĚ–IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

Podle materiálu můžeme tepelné izolace dělit na izolace z minerálních vláken, pěnové polymery, pěnové sklo a přírodní materiály. (25) Představeny budou nejpoužívanější izolační materiály včetně použitých materiálu na návrh zateplení předmětného bytového domu.

#### 4.1.1 Izolace z minerálních vláken

Vzhledem k poměru ceny a dobrým tepelně izolačním vlastnostem se jedná o jednu z nejpoužívanější izolaci. Vyrábí se především z vyvřelých hornin jako například sklářský písek, čedič atd. a následným procesem rozvláknění. Dále se vyrábějí s kaširovanou vrstvou vytvářející parozábranu. Izolant lze upevnit k podkladu pomocí terčových hmoždinek, vložením mezi krokve, nebo do rámu. Vláknité izolace propouští vodní páry. Jsou nehořlavé a odolné vůči škůdcům. Na trh jsou dodávány v podobě izolačních rohoží mezi střešní krokve, na stropy, potrubí a dále ve formě desek pro izolaci fasád a pochozích povrchů. (26) (27)

#### *Skelná vlna*

Skelná vata je jedna z nejpoužívanějších vláknitých izolací. Její výroba spočívá v roztavení křemičitého písku, sody, vápence a starého skla, následným rozpojováním na vlákna a spojováním pryskyřicí. (26)

Tento materiál je nehořlavý, difúzně otevřený, odolný vůči houbám a škůdcům s dobrou tepelnou vodivostí. Pro výrobu je potřeba velké množství energie a při montáži vzniká prach, kvůli němuž je doporučeno používat respirátory a ochranné pomůcky, nicméně nové typy materiálu již prašnost nezpůsobují. Skelná vata je vhodná jako ochrana proti hluku, mezi další dobré vlastnosti se řadí paropropustnost a vodoodpudivost, ale nesmí se používat ve vyloženě vlhkém prostředí. Izolace může být použita i jako foukaná. (26)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje v rozmezí 0,030 až 0,045 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.



Obr. č. 4 – Skelná izolační role Isover (26)

### ***Kamenná vlna***

Nejčastější výchozím nerostem pro výrobu této izolace bývá čedič. Občas je k vidění pod názvem čedičová vata. Hornina se roztaví, každá kapka se natáhne do vláken a následně se přidají látky na zlepšení vlastností.

Kamenná vlna má lepší odolnost vůči vysokým teplotám než skelná vata, je paropropustná, nedochází tedy ke kondenzaci vodní páry a následnému výskytu plísní. Izolace jsou odolné vůči škůdcům. Při manipulaci s touto tepelnou izolací se uvolňují minerální vlákna, která mohou vyvolat nežádoucí a alergické reakce, proto je vhodné při manipulaci používat ochranné pomůcky. Na trh jsou dodávány ve formě desek a rolí. Hlavní přednost je v možnosti tvarové různorodosti, díky které se nejčastěji používá v půdních prostorech. Materiál má i výborné protipožární vlastnosti. (26)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje v rozmezí 0,035 až 0,050 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.





Obr. č. 5 –Minerální vata Isover (26)

#### 4.1.2 Pěnové polymery

Mezi pěnové polymery se řadí expandovaný a extrudovaný polystyrén, pěnový polyuretan, fenolická pěna a pěnové sklo.

##### *Extrudovaný polystyren (XPS)*

Extrudovaný polystyren se vyrábí vytlačováním taveniny krystalovaného polystyrenu, tak se vytvoří uzavřená struktura, díky níž se výrazně sníží jeho nasákavost a zvýší pevnost. Nevadí mu vlhká prostředí a jeho využití je kromě tepelné izolace i do betonu jako vylehčující prvek nebo do podlah a příček jako kročejová nebo zvuková izolace. Vyznačuje se i vysokou trvanlivostí a jednoduchou zpracovatelností.

Řadí se do požární třídy E a je označován jako samozhášivý. Pokud začne hořet, odkapává, z toho důvodu se musí dobře zvolit místo aplikace této izolace. Další nevýhodou je uvolňování styrenu a pentanu při výrobě. Při delším působením UV záření může docházet k poškození povrchu izolace. (28)

Průměrný součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  pro desku tl. 40 mm je 0,030 W/mK.



Obr. č. 6 – Extrudovaný polystyren Styrodur (28)

### ***Expandovaný polystyren (EPS)***

Extrudovaný polystyren se vyrábí v uzavřených formách vyhřívaných parou na asi 100 °C za pomoci zpěňování a následného nadutí pentanem. Tím vzniká otevřená struktura materiálu, s čímž úzce souvisí větší nasákavost. Proto tento typ polystyrenu nemůže být instalován do míst s trvale vyšší vlhkostí. Co se týče teploty prostředí, může být EPS vystaven až 200 °C ovšem pouze krátkodobě. Po delší čas nesmí překročit teplotu 70 °C. Expandovaný polystyren má velkou roztažnost, vyrábí se tzv. stabilizovaný polystyren, který se nechá odležet na několik týdnů a po dosažení největších objemových změn se teprve začne řezat. (29) Průměrný součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  po desku tl. 100 mm je od 0,037 W/mK.



Obr. č. 6 – Expandovaný polystyren Isover (29)

### ***Pěnový polyuretan***

Nejčastěji se ve stavebnictví používá polyuretanová pěna (PUR) a polyisokyanurátová pěna (PIR). Suroviny pro výrobu pěny se nalévají mezi tenké materiály tvořící budoucí povrch desek. Proběhne chemická reakce a prostor je vyplněn pěnou, zároveň dojde ke spojení pěny s vloženými materiály. Používají se přímo na stavbě i pro výrobu deskových materiálů. Desky je možno vyrábět způsobem řezání z bloků vzniklých volným pěněním nebo ve formách. (30)

Polyuretanová pěna existuje dvojího druhu – tvrdá a měkká. Měkká pěna je známá jako molitan, ve stavebnictví se využívá polyuretanová pěna tvrdá – zkratkou označovaná jako PUR pěna. Široké uplatnění má v detailech konstrukcí jako výplň a izolace spár. Lze ji využít i pro zateplení plošných konstrukcí, stropů, střech. Aplikuje se nástřikem nebo litím. (30)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  PUR pěny se pohybuje v rozmezí 0,033 až 0,045 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.

Polyisokyanurátová pěna tvořena kombinací uretanových a isokyanurátových vazeb. PIR pěna má oproti PUR pěně vyšší pevnost v tlaku a menší tepelnou vodivost. Aplikovat se může jak litím, tak stříkáním na povrch či do dutin. (30)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  PIR pěny se pohybuje v rozmezí 0,021 až 0,023 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.

### ***Fenolická pěna***

Fenolická pěna se vyrábí napěněním fenolformaldehydových pryskřic do bloků, které se následně řezou na desky a oboustranně opatřují skelným vláknem či reflexní hliníkovou fólií. Používá se pro zateplení fasád, s výhodou u rekonstrukcí či v detailech, kde není místo na velkou tloušťku izolantu pro její dobrou hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Oproti materiálům PUR a PIR má lepší tepelněizolační vlastnosti a reakci na oheň. (30)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  fenolické pěny se pohybuje v rozmezí 0,021 až 0,024 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.

### ***Pěnové sklo***

Výroba pěnového skla se provádí dvěma způsoby. Jeden způsob spočívá ve výrobě ze speciálního aluminio-silikátového skla, které se rozemele na prášek s přidáním uhlíkového

prachu, směs se rozprostře do forem a po zahřátí se její objem zvětší až 20×. Druhou variantou je zpracování odpadních stěrů, které se taví za přítomnosti chemikálií neznečišťující životní prostředí.

Vlastnosti pěnového skla jsou velmi dobré. Tento materiál je recyklovatelný, nehoří, není nasákavý, a proto nezamrzání. Vzhledem k vysoké únosnosti a pevnosti v tlaku se hodí pro zateplení téměř jakékoli části domu od základů až po střechu. (31)

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  pěnového skla se pohybuje v rozmezí 0,020 až 0,050 W/mK v závislosti na tloušťce materiálu.

## 4.2 ZPŮSOBY ZATEPLENÍ

Stavební konstrukci lze zateplit z vnitřní nebo z vnější strany. Vnitřní zateplení je používáno zejména u rekonstrukcí, tak aby nedošlo k narušení pohledové plochy historického objektu. Vnější zateplení chrání nosnou konstrukci v zimě před promrzáním a v létě před slunečním žářem, tudíž klesne namáhání dilatací. Dobrým vnějším zateplením se také vyřeší tepelné mosty ve spárách, rozích, věncích a také u výplní otvorů. Z těchto důvodů je výhodnějším řešením zateplení budov z vnější strany. (32)

Vnější zateplení objektů může být provedeno kontaktním zateplovacím systémem (ETICS), sendvičovým zdivem, tepelně izolační omítkou, lehkým prefabrikovaným pláštěm nebo může být nekontaktní s provětrávanou vzduchovou mezerou. Výhodou nekontaktního zateplovacího systému je zejména klesající difúzní odpor směrem k exteriéru a trvalá ochrana interiéru před přehříváním. Nevýhodou jsou vyšší náklady na realizaci a nutnost zajistit trvalé a funkční větrání vzduchové mezery. (32) V další podkapitole bude blíže popsáno provedení kontaktního zateplení, které je využito v návrhu předmětného bytového domu.

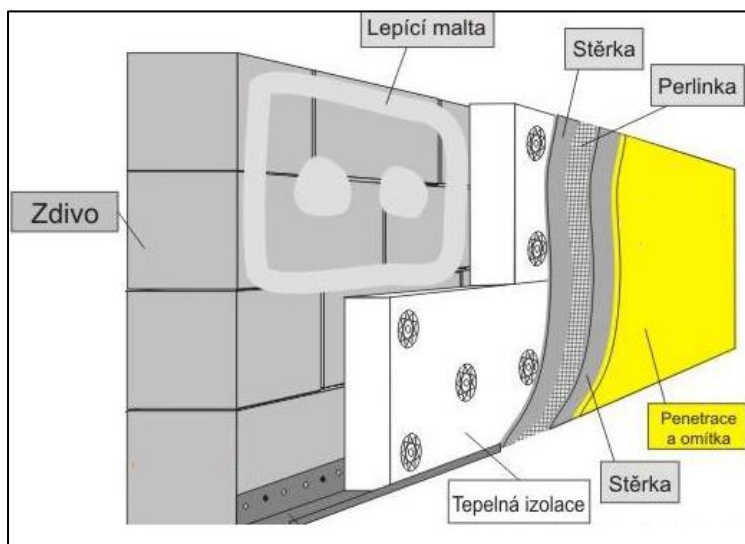
### 4.2.1 Kontaktní zateplení

Nejpoužívanější technologií zateplování je vnější kontaktní zateplovací systém mezinárodně označovaný zkratkou ETICS (External Thermal Isulation Composite Systems), což je jasně definovaný systém skládající se z výrobků, které na sebe vzájemně navazují. Tepelnou funkci zajišťuje vrstva tepelné izolace z tuhých izolačních desek, které jsou na podklad lepeny a mechanicky kotveny dle předepsaného technologického předpisu výrobce. Takto vzniká neprovětrávaná skladba kontaktního zateplení, která by měla být

předem promyšlena, aby všechny vrstvy tepelně spolupůsobily. Při zateplování je nutné řídit se normou ČSN 732901 Provádění vnějších tepelně izolačních systémů. (33)

Klasická skladba kontaktního zateplovacího systému řazena od interiéru:

- lepicí hmota
- tepelný izolant
- talířové hmoždinky ke kotvení izolantu
- stěrková hmota s vloženou sklotextilní síťovinou
- druhá vrstva stěrkové hmoty
- penetrační vrstva vylepšující přídržnost fasádní omítky
- fasádní omítka v různé struktuře



Obr. č. 7 – Skladba kontaktního zateplovacího systému (34)

## 5 ROZPOČTOVÁNÍ STAVEB

Sestavení rozpočtu by mělo být součástí každé projektové dokumentace. Před realizací stavby investor očekává přesné stanovení ceny stavebního díla, za kterou je dodavatel schopen zadanou stavbu zrealizovat. Z toho důvodu je nutné mít kvalitně zpracovanou projektovou dokumentaci se všemi náležitostmi, které definuje vyhláška č. 62/2013 Sb. Dle této vyhlášky je součástí projektové dokumentace průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva, situační výkresy, dokumentace objektů a dokladové části. Z těchto podkladů rozpočtář zjistí druhy použitých materiálů, výměry a celkový rozsah stavby.

Z výše uvedeného lze říci, že hlavní myšlenkou rozpočtování staveb je sestavení výčtu, pokud možno všech nákladů, které vznikají v souvislosti se stavební činností a tyto náklady zařadit do předem stanovených skupin tak, aby byly přehledné pro všechny účastníky stavebního řízení. (35)

V praxi je nejčastěji sestavován položkový rozpočet. Vzhledem k tématu diplomové práce bude tento typ rozpočtu popsán podrobněji.

## **5.1 POLOŽKOVÝ ROZPOČET**

Položkový rozpočet je sestaven na základě výkazu výměr, kde je určeno množství spotřebovaného materiálu a vykonaných prací, ke kterým jsou přiřazovány jednotkové ceny. Každá položka rozpočtu obsahuje slovní popis, výměru v množstevních jednotkách, jednotkovou cenu a náklad celkem za výměru. Jednotkové ceny jsou vydávány v podobě ceníků, které vytvářejí odborné organizace jako například organizace ÚRS, a.s., případně jsou určeny podle individuální interní kalkulace. (35)

Položkový rozpočet se skládá ze základních a vedlejších rozpočtových nákladů. Mezi základní rozpočtové náklady řadíme náklady hlavní stavební výroby, pomocné stavební výroby a náklady na dodávky a montáže. Vedlejší rozpočtové náklady tvoří náklady na zařízení a umístění stavby, na provozní vlivy a další náklady jinde nevyčíslitelné. Vypočítají se obvykle procentní přírůzkou k základním nákladům. (35)

Pro sestavení položkového rozpočtu je typický následující postup:

- Položkový soupis stavebních konstrukcí a prací s výkazem výměr
- Ocenění položek podle ceníků, cenových nabídek nebo individuální kalkulace
- Výpočet ceny za jednotlivé položky
- U každé položky vypočteme hmotnost; celkovou hmotnost prací hlavní stavební výroba (HSV) a celkovou hmotnost prací jednotlivých oborů podružená stavební výroba (PSV)
- Výpočet nákladů jednotlivých stavebních děl
- Rekapitulace základních nákladů
- Výpočet a rekapitulace vedlejších nákladů
- Krycí list rozpočtu

### 5.1.1 Rozpočtový software BUILDpower

Pro sestavení položkového rozpočtu lze využít software BUILDpower, který usnadní a urychlí práci.

*„BUILDpowerS je ucelený stavební informační systém, který zajišťuje podporu při řízení stavebních zakázek. Obecně zastřešuje činnosti obchodu, oceňování nabídek, výrobní přípravy, realizace a controlling stavby. Systém pracuje propojeně ve dvou zdánlivě oddělených liniích, a to cen a nákladů. Na jedné straně je finanční controlling – od zpracování cenové nabídky přes soupisy prací až po fakturaci. Na straně druhé nákladový controlling od kalkulace zdrojů přes jejich plánování, zabudování a sledování spotřeby v čase. Metodika nastavení procesů je vždy s ohledem na hlavní business – realizaci stavební zakázky.“ (36)*

## **6 PRAKTICKÁ ČÁST**

Pro analýzu vlivu zateplení byly použity podklady poskytnuty od městského úřadu Šternberk. Byla poskytnuta projektová dokumentace z roku 1972 a projektová dokumentace pro modernizaci, úpravu ústředního topení (ÚT) a kotelny, výměny oken z roku 2009. Projektová dokumentace obsahuje půdorysy jednotlivých podlaží, řez, pohledy, průvodní a souhrnnou technickou zprávu k úpravě ÚT, kotelny a výměně oken. V úvodu praktické části se zaměřím na celkový popis současného stavu řešeného bytového domu pro seniory, dále se budu detailněji věnovat návrhu variant na zateplení objektu s následným vyhodnocením jednotlivých variant, pro který využiji program Teplo 2010. Pro výpočet nákladů spojený s provozováním domu pro seniory bude použit program Národní kalkulační nástroj NKN II. Na závěr práce bude proveden výpočet nákladů pro realizaci jednotlivých variant zateplení pomocí programu BUILDpowerS. Výstupem práce bude zhodnocení ekonomické návratnosti investic do navržených variant zateplení a následné vyhodnocení.

### **6.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU ŘEŠENÉHO DOMU PRO SENIORY**

Jedná se o bytový dům pro seniory nacházející se v Olomouckém kraji ve městě Šternberk v k.ú. Šternberk při ulici Žitná 390/12 na pozemku parc. č. 3177, který je rovinatého charakteru. Vlastníkem objektu je město Šternberk, Horní náměstí 16, 785 01 Šternberk. Objekt je situován v okrajové části města s krátkou dojezdovou či docházkovou vzdáleností do centra města, které je od řešeného objektu vzdálené 1,5 km. V okolí domu pro seniory se nachází převážně rodinné domy a panelové domy vystavěné v 60. až 70. letech minulého století. V bezprostřední blízkosti se také nachází obchody a menší park, ve kterém mohou uživatelé domu pro seniory relaxovat. Další objekty občanské vybavenosti jsou dobře dostupné v centru města či jeho okolí. Řešená lokalita je bez negativních vlivů okolní zástavby a demografické skladby. Dle povodňového plánu České republiky se nejedná o záplavové území. Dle platného územního plánu města Šternberk se řešená nemovitost nachází v zóně ploch smíšených obytných. V katastru nemovitostí je objekt evidován jako bytový dům což koresponduje se současným využitím.

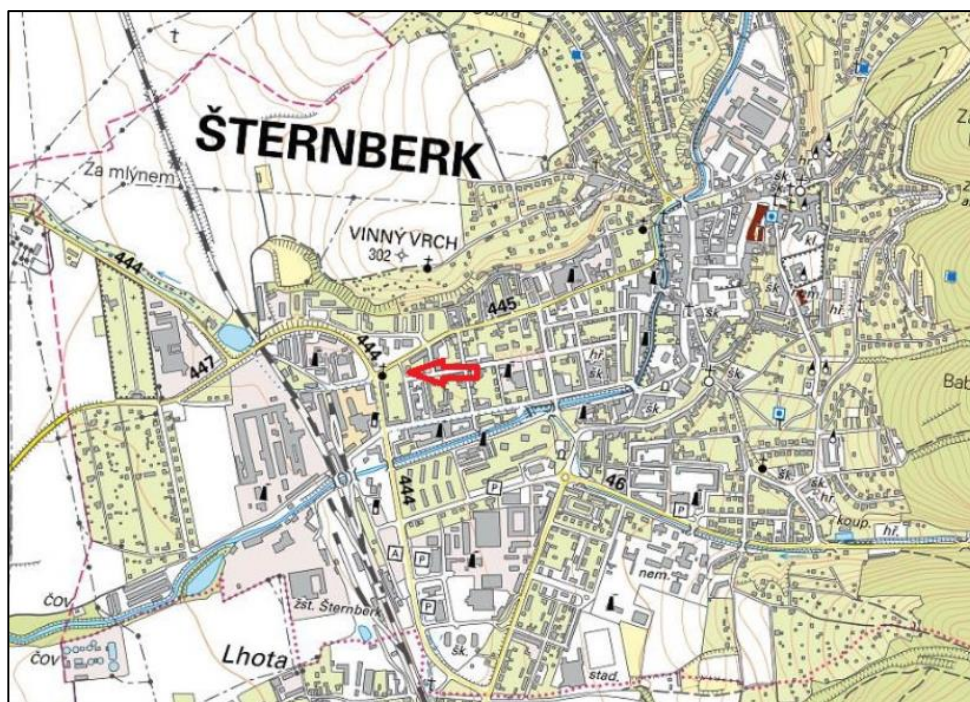




*Obr. č. 8 – Pohled na bytový dům s pečovatelskou službou (38)*



*Obr. č. 9 – Výřez z katastrální mapy (37)*



Obr. č. 10 – Situování bytového domu (37)

Pro správné vyhodnocení Průkazu energetické náročnosti budovy a zhodnocení ekonomické návratnosti investic do zateplení je nutné znát dostatečné informace o poloze objektu, tvaru, skladeb jednotlivých konstrukcí, rozměrech, orientaci obvodových konstrukcí ke světovým stranám, využití objektu a s tím související zdroje energie.

### 6.1.1 Celkový popis řešeného objektu

Bytový dům pro seniory je řešen jako samostatně stojící s dvěma podlažími, celoplošným podsklepením a s částečně využitým půdním prostorem. Objekt má půdorys tvaru obdélníku o rozměrech 16,60 × 18,55 m. Střecha je řešena jako sedlová s dřevěným krovem a stojatou stolicí. Přístup do chodby v prvním nadzemním podlaží je jak z ulice, tak i ze dvora. V této chodbě je též umístěno dvouramenné železobetonové schodiště, které spojuje podzemní podlaží až půdu. Celkem se v řešeném objektu nachází 10 bytových jednotek. Dispoziční řešení sedmi bytových jednotek je o dispozici 1+kk, zbylé bytové jednotky tvoří dispozice 2+kk a 2+1. V podzemní části bytového domu se nachází sklady a místnost pro umístění kol, v půdním prostoru je vybudována kotelna a sušárna. V roce 2009 proběhla částečná rekonstrukce. Byly vyměněny okenní otvory a vnitřní nenosné zdivo. V půdním prostoru, kde se nachází kotelna, byl vyměněn zdroj tepla a ohřevu TUV umístěném v sušárně s celým otopným systémem v objektu.

Konstrukční systém tvoří obvodové zdivo a nosné vnitřní zdivo z cihel plných pálených tl. 45 mm a 30 mm. Tyto materiály jsou typické pro období výstavby. Vnitřní dělicí příčky, které byly rekonstruovány jsou v současné době z pórobetonových příčkových Ytong tl. 150 mm. Základové konstrukce jsou železobetonové.

Vodorovná konstrukce nad podzemním podlažím je ze železobetonových prefabrikovaných desek do ocelových nosníků s násypem a podlahovou úpravou, část stropu tvoří i stropní konstrukce z keramických stropnic HURDIS s násypem z betonové mazaniny. Zbylé vodorovné konstrukce tzn. nad prvním a druhým nadzemním podlažím jsou dřevěné trémové s podbitím.

Střešní konstrukce krovu je dřevěná stolicové soustavy s bedněním a s plošnou plechovou krytinou. Při vizuální kontrole jsem došel k názoru, že střešní plášť je v dobrém technickém stavu.

Původní tepelně nevyhovující dřevěná okna a dveře v obvodových zdech byly nahrazeny novými plastovými okny a dveřmi s izolační dvojsklem se součinitelem prostupu tepla celé soustavy  $U_{\min} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

V řešeném objektu proběhla kompletní rekonstrukce ústředního vytápění. Nevyhovující plynové kotle byly nahrazeny dvěma kondenzačními kotli Geminox v provedení THRI o výkonu  $Q = 2 \times 24,5 \text{ kW}$ . Pro ohřev TUV byl zřízen stacionární plynový ohřívač vody s intenzivním ohřevem Quantum s objemem  $V = 400 \text{ l}$ . Otopný systém z měděného potrubí je veden od kotlů horizontálně v podkroví k jednotlivým stoupačkám a otopným tělesům. V místnostech jsou osazena ocelová desková otopná tělesa Korado s bočním napojením vybavené rohovými a přímými ventily. V koupelnách jsou osazena žebříková otopná tělesa.

Zdroj vody je zajištěn ze stávajícího veřejného vodovodního řádu z ulici Žitná. Nové rozvody vody jsou provedeny z plastového potrubí. Elektrická energie je napojena z veřejné sítě nízkého napětí. Světelné zdroje jsou řešeny v běžném standardu. Úsporné světelné zdroje v budově nejsou instalovány.



## 6.2 STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

### 6.2.1 Konstrukce spodní stavby

*Tab. č. 4 – Stávající konstrukce spodní stavby bez zateplení*

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Ochranná vrstva – nopová folie	0,004
2	Venkovní dvouvrstvá omítka	0,015
3	Zdivo z CPP	0,450
4	Jádrová omítka	0,010
5	Vnitřní štuková omítka	0,005

### 6.2.2 Konstrukce obvodového pláště

*Tab. č. 5 – Stávající konstrukce obvodového pláště bez zateplení*

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Barevný finální nátěr	0,001
2	Venkovní dvouvrstvá omítka	0,015
3	Zdivo z CPP	0,450
4	Jádrová omítka	0,010
5	Vnitřní štuková omítka	0,005

## 6.3 NOVĚ NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ OBJEKTU

Při konkrétním výběru tepelně-izolačních materiálů byl brán zřetel zejména na dostupnost vybraných materiálů, náročnost, technologie provádění a konstrukční vhodnost pro řešený objekt.

Vzhledem k těmto kritériím byly vybrány tři varianty zateplení obvodového pláště a jedna varianta zateplení spodní stavby a soklu. Výplně otvorů vyhovují normativním požadavkům a budou zachovány.

### 6.3.1 Návrh zateplení pod terénem

Pro zateplení spodní stavby se nejčastěji používá tepelný izolant extrudovaný polystyrén (XPS), který má minimální nasákavost, velkou pevnost v tlaku, nenáchylnost k mechanickému poškození a dobré tepelně-izolační vlastnosti.

Další možností zateplení spodní stavby je možné i tepelným izolantem EPS Perimetr, který se běžně používá především u novostaveb. Důvodem je doporučení neřezat izolační desky z důvodu porušení difuzní uzavřenosti materiálu a následného porušení povrchu materiálu. Z tohoto důvodu volím pro zateplení spodní stavby tepelný izolant XPS, který při prováděné rekonstrukci bude možné délky upravit dle skutečných rozměrů řešeného objektu.

Tab. č. 6 – Návrh zateplení pod terénem

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Ochranná vrstva – nopová folie Guttabeta N	0,006
2	TI vrstva – XPS Synthos D 30 L, $\lambda = 0,029$ W/mK.	0,100
3	Lepicí vrstva – lepicí a stěrková hmota Baumit StarContact	0,004
4	HI vrstva – Modifikovaný asfaltový pás Glastek 40 special mineral	0,004
5	Penetrační vrstva – asfaltová penetrační emulze Dekprimer	-
6	Nosná konstrukce z CPP	0,45
7	Jádrová omítka	0,010
8	Vnitřní štuková omítka	0,005

### 6.3.2 Návrh zateplení soklu

V oblasti soklu bude použita taktéž tepelná izolace typu XPS se stejnou tloušťkou jako ve skladbě pod terénem, a to z důvodu návaznosti materiálu. Pro soklovou část navrhuji zateplovací systém Baumit, který patří mezi certifikované skladby ETICS.

Tab. č. 7– Návrh zateplení soklu

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Povrchová úprava – Baunit MosaikTop	0,002
2	Penetrační vrstva – Weber. Pas podklad UNI	0,001
3	Výztužná vrstva a stěrková hmota – Baunit StarContact	0,004
4	TI vrstva – XPS Synthos D 30 L, $\lambda = 0,029 \text{ W/mK}$ .	0,100
5	Lepící vrstva – lepící a stěrková hmota Baunit StarContact	0,004
6	Penetrační vrstva – asfaltová penetrační emulze Dekprimer	-
7	Nosná konstrukce z CPP	0,45
9	Jádrová omítka	0,010
10	Vnitřní štuková omítka	0,005

### 6.3.3 Návrh zateplení obvodového pláště – varianta I

V první variantě skladby obvodového pláště volím běžně používaný tepelný izolant z expandovaného polystyrenu Isover EPS 70F, který patří mezi kontaktní zateplovací systémy ETICS. Tento fasádní pěnový polystyrén s typickou bílou barvou má minimální hmotnost, je cenově příznivý a dobře opracovatelný. Mezi hlavní nevýhody tohoto materiálu patří nasákavost, menší odolnost v tlaku, stárnutí materiálu a degradace v organických rozpouštědlech, je objemově nestálý, neekologický a difuzně uzavřený.

Tab. č. 8 – Návrh zateplení obvodového pláště expandovaným polystyrenem Isover EPS 70F

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Pohledová vrstva – pastovitá omítka Weber. pas silikát	0,003
2	Penetrační vrstva – Weber. Pas podklad UNI	-
3	Armovací vrstva – skleněná síťovina R 117	0,002
4	Lepicí vrstva – 2 × lepicí a stěrková hmota Weber. tmel 700	0,008
5	TI vrstva – EPS 70F, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ .	0,180
6	Lepicí vrstva – lepicí a stěrková hmota Weber. tmel 700	0,004
7	Nosná konstrukce z CPP	0,45
8	Jádrová omítka	0,010
9	Vnitřní štuková omítka	0,005

#### 6.3.4 Návrh zateplení obvodového pláště – varianta II

V této variantě je využito tepelně izolačního materiálu na bázi minerální izolace z kamenných vláken Isover TF PROFI, který patří mezi kontaktní zateplovací systémy ETICS. Tato fasádní minerální vlna s typickou hnědou, béžovou barvou disponuje výbornými tepelněizolačními a akustickými vlastnostmi, vysokou protipožární odolností, snadnou opracovatelností a nízkým difuzním odporem, proto tento materiál snadno propouští vodní páry za předpokladu správně zvolených vrstev. U zmíněného materiálu se při aplikaci musíme vyvarovat případnému navlhnutí, aby neztrácel své typické vlastnosti. Je tedy vhodné materiál co nejdříve opatřit vnějšími vrstvami a nevystavovat ho vlhkému prostředí.

Tab. č. 9 – Návrh zateplení obvodového pláště minerální izolací z kamenné vlny Isover TF PROFI

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Pohledová vrstva – pastovitá omítka Weber. pas silikát	0,003
2	Penetrační vrstva – Weber. Pas podklad UNI	-
3	Armovací vrstva – skleněná síťovina R 117	0,002
4	Lepicí vrstva – 2× lepicí a stěrková hmota Weber. tmel 700	0,008
5	TI vrstva – minerální vlna Isover TF PROFI, $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ .	0,180
6	Lepicí vrstva – lepicí a stěrková hmota Weber. tmel 700	0,004
7	Nosná konstrukce z CPP	0,45
8	Jádrová omítka	0,010
9	Vnitřní štuková omítka	0,005

### 6.3.5 Návrh zateplení obvodového pláště – varianta III

V poslední variantě zateplení se budu věnovat méně používanému tepelnému izolantu z tuhé fenolické pěny Kingspan KOOLTHERM K5, který rovněž jako předcházející varianty patří mezi zateplovací systémy ETICS. Vzhledem k tomu, že tepelná izolace z fenolické pěny má výrazně nižší součinitel tepelné vodivosti než běžné tepelněizolační materiály, lze volit nižší tloušťku. Tento materiál se využívá především ve výstavbě nízkoenergetických a pasivních domů nebo v případech, kdy je potřeba úspory rozšíření prostoru např. z důvodu zvýšení intenzity slunečního záření do interiéru či zvětšení užité plochy v prostoru na balkonu nebo lodžii. Tepelný izolant z fenolické pěny má také dobrou požární odolnost.



Tab. č. 10 – Návrh zateplení obvodového pláště fenolickou pěnou Kingspan KOOLTHERM K5

Pořadí vrstvy	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy [m]
1	Pohledová vrstva – pastovitá omítka Weber. pas silikát	0,003
2	Penetrační vrstva – Weber. Pas podklad UNI	-
3	Armovací vrstva – skleněná síťovina Weber. therm 178	0,002
4	Lepicí vrstva – 2× lepicí a stěrková hmota Weber. therm plus ultra	0,008
5	TI vrstva – fenolická pěna Kingspan KOOLTHERM K5, $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$ .	0,100
6	Lepicí vrstva – lepicí a stěrková hmota Weber. therm plus ultra	0,004
7	Nosná konstrukce z CPP	0,450
8	Jádrová omítka	0,010
9	Vnitřní štuková omítka	0,005

## 6.4 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ

Pro výpočet a posouzení tepelně technického řešení navrhovaných variant zateplení budu vycházet ze základních údajů, které jsou uvedeny níže v tabulce č. 8.

Tab. č. 11 – Okrajové podmínky a hodnoty použité ve výpočtu

Počet nadzemních podlaží	3
Počet podzemních podlaží	1
Klimatická oblast dle ČSN 73 0540 – 3	III
Nadmořská výška	268 m n. m.
Obestavěný prostor	2 950 m <sup>3</sup>
Celková plocha obálky budovy	1195 m <sup>2</sup>
Celková energeticky vztažná plocha budovy	542 m <sup>2</sup>
Návrhová vnitřní teplota $\theta_i$	20,0 °C
Teplota na vnější straně $\theta_e$	-15,0 °C
Relativní vlhkost interiéru $\varphi_i$	55 %.

Pro posouzení jednotlivých konstrukcí navrhovaných variant bude využívána technická norma ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov. Výpočty a posouzení byly prováděny v programu Teplo 2014. Postupně byly zjištěny součinitele prostupu tepla jednotlivých návrhových variant, vnitřní povrchové teploty, rozložení teplot a tlaků vodní páry v konstrukci a oblasti kondenzace a roční bilance zkondenzované vodní páry.

#### 6.4.1 Vyhodnocení součinitele prostupu tepla

Dle normy ČSN 73 0540-2 čl. 5.2 byla převzata požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, která pro vnější stěnu činí  $U_N = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  a pro stěnu temperovaného prostoru přilehlou k zemině  $U_N = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Normové hodnoty byly porovnány na základě požadavku  $U \leq U_N$  s hodnotami vypočtenými, které jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tab. č. 12 – výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  a jeho porovnání s normovými požadavky  $U_N$

Konstrukce	Vypočtená hodnota $U$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Vyhodnocení
Stávající konstrukce obvodového pláště	1,3	NEVYHOVUJE
Zateplení pod terénem	0,238	VYHOVUJE
Zateplení soklu	0,257	VYHOVUJE
Varianta I - Isover EPS 70F	0,205	VYHOVUJE
Varianta II - Isover TF PROFI	0,201	VYHOVUJE
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	0,208	VYHOVUJE

Z tabulky je zřejmé, že stávající obvodová stěna v porovnání s normovými požadavky nevyhovuje řádově více jak třikrát. Současná stěna v suterénu, která má stejné konstrukční řešení jako obvodová stěna nadzemních podlaží také nevyhovuje normovým požadavkům stěn přilehlých k zemině. Nové varianty zateplení vnějších stěn byly navrženy na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Všechny navrhnuté varianty tedy vyhovují normovým požadavkům.

Pro zateplení suterénu a soklu byl použit expandovaný polystyren v jedné variantě. U navržených skladeb kontaktního zateplení vnějších stěn jsou vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla poměrně srovnatelné. Nejlépe hodnocená varianta obvodového pláště nadzemních podlaží s vypočtenou hodnotou součinitele prostupu tepla

$U = 0,201 \text{ W/m}^2\text{K}$  je z materiálu kamenné vlny. Nejvhůře zvolenou skladbou kontaktního zateplení se jeví varianta III se součinitelem prostupu tepla  $U = 0,208 \text{ W/m}^2\text{K}$  z materiálu fenolické pěny, nicméně u této varianty je zvolená celková tloušťka 100 mm. U prvním dvou navržených skladeb je celková tloušťka izolačního materiálu 180 mm. Z výše uvedeného je zřejmé, že nejúčinnější a nejkvalitnější materiál je z fenolické pěny, který dosahuje takřka stejných hodnot součinitele prostupu tepla, avšak s výrazně menší potřebnou tloušťkou izolačního materiálu.

#### 6.4.2 Vyhodnocení teplotního faktoru

Dle normy ČSN 73 0540-2 čl. 5.1 byla převzata požadovaná hodnota na teplotní faktor, který pro vnější stěnu činí  $f_{Rsi,N} = 0,749$  a pro stěnu temperovaného prostoru přilehlou k zemině  $f_{Rsi,N} = 0,435$ . Normové hodnoty byly porovnány na základě požadavku  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$  s hodnotami vypočtenými, které jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tab. č. 13 – Výpočet teplotního faktoru  $f_{Rsi}$  a jeho porovnání s normovými požadavky  $f_{Rsi,N}$

Konstrukce	Vypočtená hodnota $f_{Rsi}$	Vyhodnocení
Stávající konstrukce obvodového pláště	0,719	NEVYHOVUJE
Zateplení pod terénem	0,942	VYHOVUJE
Zateplení soklu	0,938	VYHOVUJE
Varianta I - Isover EPS 70F	0,950	VYHOVUJE
Varianta II - Isover TF PROFI	0,951	VYHOVUJE
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	0,949	VYHOVUJE

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80 % (kritérium vyloučení vzniku plísní). Z tabulky je zřejmé, že stávající obvodová stěna v porovnání s normovými požadavky teplotního faktoru nevyhovuje. Současná stěna v suterénu také nevyhovuje normovým požadavkům stěn přilehlých k zemině. Nové varianty zateplení vnějších stěn se kritickému teplotnímu faktoru nepřibližují, tyto konstrukce nejsou ohroženy kondenzací vzdušné vlhkosti.

U všech navržených variant zateplení nadzemních podlaží hodnota teplotního faktoru vyšla takřka totožná. Lze tedy uvést, že z pohledu hodnocení teplotního faktoru jsou všechny navržené skladby se zvolenými tepelně izolačními materiály poměrně stejné.

### 6.4.3 Vyhodnocení šíření vlhkosti konstrukcí

Dle normy ČSN 73 0540-2 čl. 6.1 a 6.2 byly převzaty požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí, kdy kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce, roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než roční kapacita odparu  $M_{ev,a}$  a roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup> rok, nebo 3–6 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Tab. č. 14 – Výpočet šíření vlhkosti konstrukcí a jeho porovnání s normovými požadavky

Konstrukce	$M_{c,a}$ [kg/m <sup>2</sup> rok]	$M_{ev,a}$ [kg/m <sup>2</sup> rok]	Kondenzace v konstrukci	$M_{c,a} < M_{ev,a}$	$M_{c,a} < M_{c,N}$
Stávající konstrukce obvodového pláště	0,0121	2,7145	ANO	VYHOVUJE	VYHOVUJE
Zateplení pod terénem	-	-	NE	VYHOVUJE	VYHOVUJE
Zateplení soklu	0,0024	1,1754	ANO	VYHOVUJE	VYHOVUJE
Varianta I - Isover EPS 70F	0,0018	2,7829	ANO	VYHOVUJE	VYHOVUJE
Varianta II - Isover TF PROFI	0,0254	7,5180	ANO	VYHOVUJE	VYHOVUJE
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	0,0031	5,9524	ANO	VYHOVUJE	VYHOVUJE

Dle výše uvedené tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty na šíření vlhkosti konstrukcí vyhovují normovým požadavkům. Ke kondenzaci v řešených konstrukcích dochází, avšak vždy v takových mezích, které jsou dovolené. Skladba konstrukce pod terénem kondenzací v konstrukci není ohrožena, protože v ní nedochází ani v minimálních hodnotách.

Grafické znázornění typického místa kondenzace v jednotlivých skladeb konstrukcí, které vykresluje program Teplo 2014 je k dispozici v příloze A.

## 6.5 VÝPOČET CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA PROVEDENÍ ZATEPLENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Náklady na zateplení bytového domu byly provedeny ve třech jednotlivých variantách v programu BUILDpowerS. Zateplení spodní stavby a soklu bylo uvažováno u všech variant totožné. Do hlavní části diplomové práce jsou znázorněny krycí listy zateplení s rekapitulací stavebních dílů. Detailní náhled na podrobný položkový rozpočet je k dispozici v příloze C.

### 6.5.1 Položkový rozpočet varianty I - Isover EPS 70F

Tab. č. 15 – Položkový rozpočet varianty I

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	1	Dům pro seniory ve Šternberku	
Objekt:	1	Zateplení fasády	
Rozpočet:	1	Varianta I - zateplení pěnovým polystyrenem Isover EPS 70F	
Objednatel:	město Šternberk		IČO: DIČ:
Zhotovitel:			IČO: DIČ:
Vypracoval:	Jiří Tuka		
Rozpis ceny	Dodávka		Montáž
HSV	526 923,00	679 178,54	1 206 101,54
PSV	14 144,77	33 622,49	47 767,26
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
Celkem	541 067,77	712 801,03	1 253 868,80
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	0,00 CZK	
Snížená DPH	15 %	0,00 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	1 253 868,80 CZK	
Základní DPH	21 %	263 312,00 CZK	
Zaokrouhlení		0,20 CZK	
Cena celkem s DPH		1 517 181,00 CZK	
v _____		dne 26.3.2017 _____	
_____		_____	
Za zhotovitele		Za objednatele	

Tab. č. 16 – Rekapitulace dílů varianty I

### Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
1	Zemní práce	HSV	0,00	54 788,68	54 788,68	4
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	22 739,02	75 126,61	97 865,63	8
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	474 687,36	462 497,67	937 185,03	75
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV	2 965,20	1 868,07	4 833,27	0
91	Doplňující práce na komunikaci	HSV	24 730,29	3 967,38	28 697,67	2
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	1 801,13	61 828,26	63 629,39	5
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	19 121,87	19 121,87	2
711	Izolace proti vodě	PSV	1 319,12	14 393,26	15 712,38	1
764	Konstrukce klempířské	PSV	12 825,65	19 229,23	32 054,88	3
Cena celkem			541 067,77	712 801,03	1 253 868,80	100

Celkové náklady na provedení zateplení z Isover EPS 70F činí 1 517 181 Kč včetně DPH. Náklady na HSV činí 1 206 101,5 Kč bez DPH, což odpovídá 96,2 % z celkových nákladů. Náklady na PSV byly vypočteny na 47 767,3 Kč bez DPH, což odpovídá 3,8 % z celkových nákladů na zateplení tepelně izolačním materiálem z extrudovaného pěnového polystyrenu.

### 6.5.2 Položkový rozpočet varianty II - Isover TF PROFI

*Tab. č. 17 – Položkový rozpočet varianty II*

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	2	Dům pro seniory ve Šternberku	
Objekt:	2	Zateplení fasády	
Rozpočet:	2	Varianta II - zateplení minerální izolací z kamenné vlny Isover TF	
Objednatel:	město Šternberk		IČO: DIČ:
Zhotovitel:			IČO: DIČ:
Vypracoval:	Jiří Ťuka		
Rozpis ceny	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	845 826,27	650 333,91	1 496 160,18
PSV	14 474,13	33 293,13	47 767,26
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>	<b>860 300,40</b>	<b>683 627,04</b>	<b>1 543 927,44</b>
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	0,00 CZK	
Snížená DPH	15 %	0,00 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	1 543 927,44 CZK	
Základní DPH	21 %	324 225,00 CZK	
Zaokrouhlení		-0,44 CZK	
<b>Cena celkem s DPH</b>			<b>1 868 152,00 CZK</b>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; padding-top: 20px;"> <div> v _____ dne _____   _____  Za zhotovitele </div> <div> 26.3.2017   _____  Za objednatele </div> </div>			

Tab. č. 18 – Rekapitulace dílů varianty II

### Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
1	Zemní práce	HSV	0,00	54 768,68	54 768,68	4
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	22 921,78	74 943,85	97 865,63	6
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	793 432,06	434 687,47	1 228 119,53	80
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV	2 976,74	1 856,53	4 833,27	0
91	Doplňující práce na komunikaci	HSV	24 760,86	3 936,81	28 697,67	2
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	1 734,83	61 894,56	63 629,39	4
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	18 246,01	18 246,01	1
711	Izolace proti vodě	PSV	1 368,64	14 343,74	15 712,38	1
764	Konstrukce klempířské	PSV	13 105,49	18 949,39	32 054,88	2
Cena celkem			860 300,40	683 627,04	1 543 927,44	100

Celkové náklady na provedení zateplení z Isover TF PROFI činí 1 868 152 Kč včetně DPH. Náklady na HSV činí 1 496 160,2 Kč bez DPH, což odpovídá 96,9 % z celkových nákladů. Náklady na PSV byly vypočteny na 47 767,3 Kč bez DPH, což odpovídá 3,1 % z celkových nákladů na zateplení tepelně izolačním materiálem z kamenné vlny.



### 6.5.3 Položkový rozpočet varianty III - Kingspan KOOLTHERM K5

Tab. č. 19 – Položkový rozpočet varianty III

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	3	Dům pro seniory ve Šternberku	
Objekt:	3	Zateplení fasády	
Rozpočet:	3	Varianta III - zateplení fenolickou pěnou Kingspan KOOLTHERM K5	
Objednatel:	město Šternberk		IČO: DIČ:
Zhotovitel:			IČO: DIČ:
Vypracoval:	Jiří Tuka		
Rozpis ceny	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	1 019 944,42	717 611,72	1 737 556,14
PSV	14 474,13	33 293,13	47 767,26
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>	<b>1 034 418,55</b>	<b>750 904,85</b>	<b>1 785 323,40</b>
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	0,00 CZK	
Snížená DPH	15 %	0,00 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	1 785 323,40 CZK	
Základní DPH	21 %	374 918,00 CZK	
Zaokrouhlení		-0,40 CZK	
<b>Cena celkem s DPH</b>		<b>2 160 241,00 CZK</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; padding-top: 20px;"> <div> v _____ </div> <div> dne <b>26.3.2017</b> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; margin-top: 20px;"> <div> _____ Za zhotovitele </div> <div> _____ Za objednatele </div> </div>			

Tab. č. 20 – Rekapitulace dílů varianty III

### Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
1	Zemní práce	HSV	0,00	54 768,68	54 768,68	3
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	22 921,78	74 943,85	97 865,63	5
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	967 550,21	501 965,28	1 469 515,49	82
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV	2 976,74	1 856,53	4 833,27	0
91	Doplňující práce na komunikaci	HSV	24 760,86	3 936,81	28 697,67	2
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	1 734,83	61 894,56	63 629,39	4
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	18 246,01	18 246,01	1
711	Izolace proti vodě	PSV	1 368,64	14 343,74	15 712,38	1
764	Konstrukce klempířské	PSV	13 105,49	18 949,39	32 054,88	2
Cena celkem			1 034 418,55	750 904,85	1 785 323,40	100

Celkové náklady na provedení zateplení z Kingspan KOOLTHERM K5 činí 2 160 241 Kč včetně DPH. Náklady na HSV činí 1 737 556 Kč bez DPH, což odpovídá 97,3 % z celkových nákladů. Náklady na PSV byly vypočteny na 47 767,3 Kč bez DPH, což odpovídá 2,7 % z celkových nákladů na zateplení tepelně izolačním materiálem z fenolické pěny.

Z výše uvedených cen je patrné, že náklady na zateplení z materiálu fenolické pěny jsou nejdražší, a to i přes to, že bylo kalkulováno s tloušťkou izolačního materiálu 100 mm, což je o 80 mm méně než u varianty I a II. Při přepočtu finančních nákladů na m<sup>2</sup> zateplovací plochy jsou náklady na zateplení fenolickou pěnou vyčísleny na 3 663 Kč. Jako finančně nejméně náročný způsob zateplení z řešených izolačních materiálů byla vyčíslena varianta I z expandovaného pěnového polystyrenu. V tomto případě vychází cena s veškerými stavebními náklady na 2 573 Kč za 1 m<sup>2</sup> zateplovací plochy. Varianta II se zateplením z materiálu kamenné vlny byla vyčíslena na 3 167 Kč za 1 m<sup>2</sup> zateplovací plochy. Celkové náklady jednotlivých variant jsou na vyšší cenové úrovni možného finančního rozpětí, nicméně v nákladech jsou zahrnuty ruční výkopové práce k zateplení suterénu a s tím spojené navýšení ceny.

## 6.6 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Tab. č. 21 – Spotřeba energií v bytovém domě

Druh konstrukce	Celková roční spotřeba energií [kWh/rok]	ENB	Druh dodávané energie	Spotřeba dle dodávané energie [kWh/rok]
Stávající konstrukce	202 530	D	Zemní plyn	198 470
			Elektrina	4 060
Varianta I - Isover EPS 70F	125 640	B	Zemní plyn	121 590
			Elektrina	4 050
Varianta II - Isover TF PROFI	125 420	B	Zemní plyn	121 370
			Elektrina	4 050
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	125 800	B	Zemní plyn	121 750
			Elektrina	4 050

Do výpočetního programu NKN II byly vloženy vstupní údaje hodnoceného bytového domu. Dle dostupných informací byl zjištěn jako zdroj tepla dva kondenzační plynové kotle Geminox. Přípravu teplé vody zajišťuje plynový ohřívač Quantum Q7–400-44 s objemem 400 litrů. Vzduchotechnická zařízení a solární systémy nejsou v bytovém domě využívány.


Ve výše uvedené tabulce můžeme porovnat energetickou náročnost stávajícího stavu bytového domu s navrženými variantami, které mají velmi podobné hodnoty celkové roční spotřeby energií, a to z důvodu, že jednotlivé skladby konstrukcí byly dimenzovány na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Současný stav objektu má velké tepelné ztráty obvodovým zdivem z plných pálených cihel, které již nevyhovují současným požadavkům na energetickou náročnost budovy. Výplně otvorů byly v minulosti vyměněny a nynější plastová okna s izolačním dvojsklem se řadí mezi standardní materiály současné doby. Energetická náročnost budovy stávajícího stavu se řadí do třídy D, která je klasifikována jako méně úsporná. Celková roční spotřeba energie budovy činí 202,53 MWh/rok což odpovídá roční spotřebě 373,9 kWh/m<sup>2</sup> rok.

Vzhledem k takřka totožným výsledkům celkové roční spotřeby energií u navrhnutých variant, byla pro ukázkou zvolena varianta II, která byla vyhodnocena nejlépe. Po zateplení budovy minerální izolací z kamenné vlny se snížila roční spotřeba energií na 125,42 MWh/rok, při přepočítání na m<sup>2</sup> pak výsledná spotřeba energií činí 231,6 kWh/m<sup>2</sup> rok. Ve variantě I s použitím extrudovaného polystyrenu EPS 70F vyšla spotřeba energie 125,64 MWh/rok a u varianty III zateplené tepelnou izolací z fenolické pěny byl výsledek spotřeby tepla 125,80 MWh/rok.

Všechny navrhnuté varianty spadají svojí energetickou náročností do třídy B, která je klasifikována jako velmi úsporná.

Výsledkem výpočetního programu NKN II je grafické znázornění energetického průkazu budovy všech variant a energetické potřeby pro provoz objektu. Níže jsou znázorněny výstupy pro stávající konstrukci a navrženou variantu II. Jednotlivé protokoly a detailní grafické znázornění je k dispozici v příloze B.

*PENB stávajícího nezatepleného bytového domu*

<h2 style="margin: 0;">PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</h2> <p style="font-size: small; margin: 0;">vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov</p>			
<p>Ulice, číslo: <b>Šternberk, Žitná 390/12, 78501 Šternberk</b></p> <p>PSČ, místo:</p> <p>Typ budovy: <b>Bytový dům</b></p> <p>Plocha obálky budovy: <b>1195</b> m<sup>2</sup></p> <p>Objemový faktor tvaru A/V: <b>0,41</b> m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></p> <p>Celková energeticky vztázná plocha: <b>542</b> m<sup>2</sup></p>			
<h2 style="margin: 0;">ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY</h2>			
<b>Celková dodaná energie</b> (Energie na vstupu do budovy)		<b>Neobnovitelná primární energie</b> (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> .rok)			
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>A</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #00bfff; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>B</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #00bfff; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #00ff00; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>C</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #008080; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #ffff00; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>D</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>373,9</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #006464; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>425,5</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #ffa500; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>E</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #004d80; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #ff8c00; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>F</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #003366; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #ff0000; color: white; padding: 2px; display: inline-block;"><b>G</b></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #000080; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	

### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněn šipkou

**Doporučení**

### PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

Zemní plyn  
 Elektrická energie  
 Kvalitní stálý  
 Prápek-kusové/LPG  
 Tepelný olej  
 Elektrická  
 Dřevní štěpky  
 Kurovit dřevní, dřevní štěpky  
 Energie okolního prostředí (solar, větrná a tepelná)  
 Elektrická - dodávka nízkého napětí  
 Teplo - dodávka nízkého napětí  
 GZT a vyhlášené 80% podílů GZT  
 GZT a vyhlášené 50% a napětí 80% podílů GZT  
 GZT a 50% a nižší podíl GZT  
 Ostatní nevybrané energonositelé

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

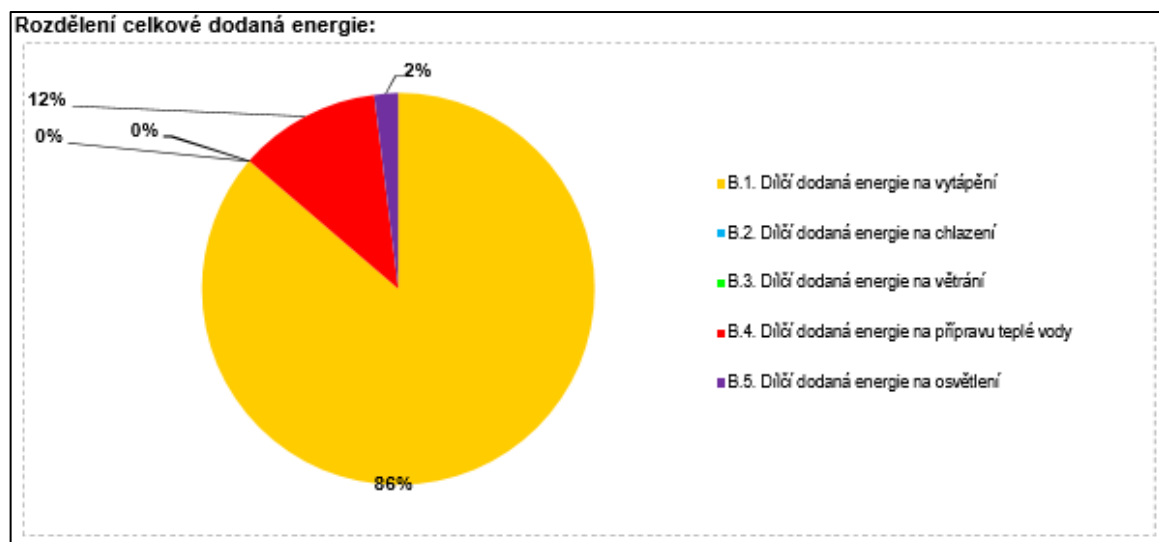
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{\text{en}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	Díleč dodaná energie					
		Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)					
Informace o úspěšnosti	<b>A</b>						<b>7,5</b>
	<b>B</b>						
	<b>C</b>					<b>43,6</b>	
	<b>D</b>	<b>322,8</b>					
	<b>E</b>						
	<b>F</b>	<b>1,05</b>					
	<b>G</b>						
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		174,9	0,0	0,0	0,0	23,6	4,1

Zpracovatel: Jiří Ťuka  
Kontakt: nevyplněno

Osvědčení č.: nevyplněno  
Vyhotoveno dne: nevyplněno  
Podpis:

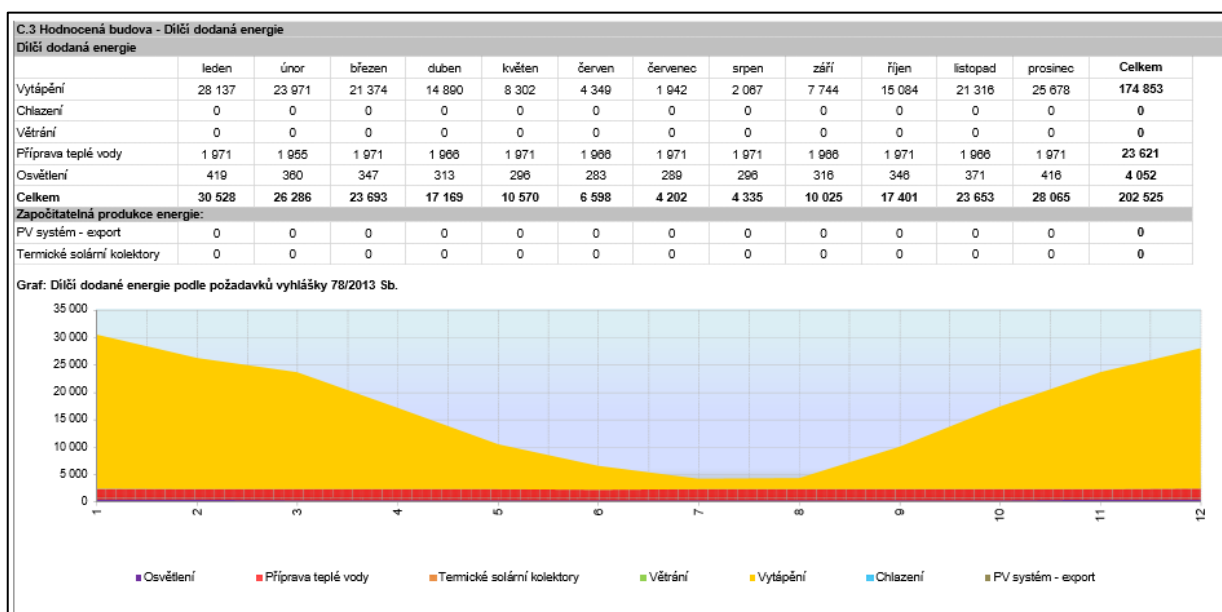
Obr. č. 12 – Strana č.2 průkazu energetické náročnosti stávajícího nezatepleného bytového domu

V následující grafu je ukázka rozdělení celkové dodané energie nezatepleného bytového domu. Dílčí dodaná energie na vytápění činí 86 % z celkové dodané energie 202,53 MWh/rok. Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody je 12 %, zbylé 2 % obsahují dílčí dodanou energii na osvětlení.




Obr. č. 13 – Graf celkové dodané energie u nezatepleného bytového domu

V tabulce níže je detailní znázornění dílčí potřeby energie během roku u nezatepleného bytového domu. Je zřejmé, že během otopné sezony, která je stanovena vždy od 1. září do 31. května následujícího roku a tvoří ji 273 otopných dní je potřeba dílčí energie na vytápění výrazně větší než v letních měsících. Dodaná energie na přípravu teplé vody je během celého roku konstantní.



Obr. č. 14 – Dílčí dodaná energie během roku u nezatepleného bytového domu

**PENB zatepleného bytového domu – varianta II**

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY		
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov		
Ulice, číslo:	Šternberk, Žitná 390/12, 78501 Šternberk	
PSČ, místo:		
Typ budovy:	Bytový dům	
Plocha obálky budovy:	1195	m <sup>2</sup>
Objemový faktor tvaru A/V:	0,41	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Celková energeticky vztázná plocha:	542	m <sup>2</sup>
		
ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY		
Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> .rok)		
Mimořádně úsporná <b>A</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Velmi úsporná <b>B</b>	231,6	268,9
Úsporná <b>C</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Méně úsporná <b>D</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nehospodárná <b>E</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Velmi nehospodárná <b>F</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mimořádně nehospodárná <b>G</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	125,42	145,66

Obr. č. 15 – Strana č. 1 průkazu energetické náročnosti zatepleného bytového domu – varianta II

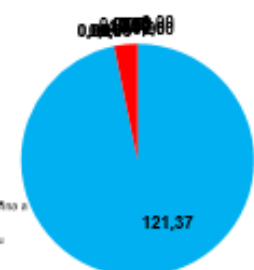


### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejích dopadů na energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	Doporučení
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>	
Střechu:	<input type="checkbox"/>	
Podlahu:	<input type="checkbox"/>	
Vytápění:	<input type="checkbox"/>	
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>	
Větrání:	<input type="checkbox"/>	
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>	
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>	
Jiné:	<input type="checkbox"/>	

### PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



121,37

- Zemi plyn
- Černé uhlí
- Hnědé uhlí
- Propanbutan LPG
- Topný olej
- Elektrina
- Ostatní palivky
- Kaskádové čerpo, čerpo šlapka
- Energie okolního prostředí (elektrina a teplo)
- Elektrina - dotáka mimo budovu
- Teplo - dotáka mimo budovu
- C2T s vyšším než 80% podílem OZE
- C2T s vyšším než 60% a nejvýše 80% podílem OZE
- C2T s 50% a nižším podílem OZE
- Ostatní neuvedené energonositelé

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

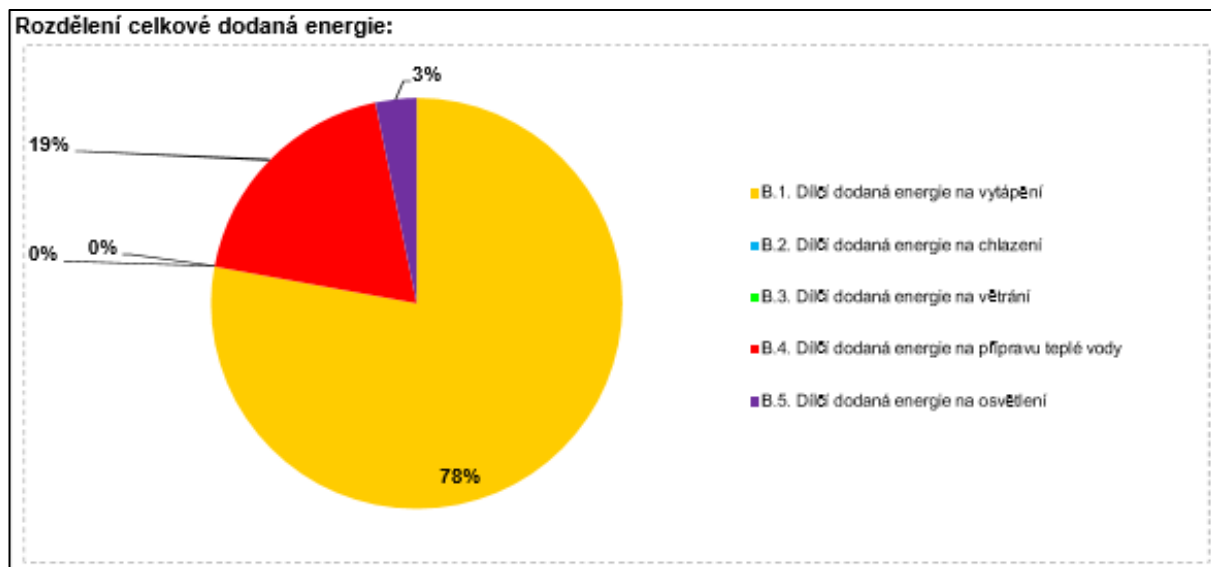
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	<b><math>U_{em}</math> W/(m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>Díleč dodaná energie</b>			<b>Měrné hodnoty kWh/(m<sup>2</sup>·rok)</b>		
Hliníkové úspory	A	B	C	D	E	F	G
	180,5						7,5
	0,51					43,6	
Hliníkové nároky							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b>							
<b>MWh/rok</b>		97,7	0,0	0,0	0,0	23,6	4,1

Zpracovatel: Jiří Ťuka  
Kontakt: nevyplněno

Osvědčení č.: nevyplněno  
Vyhотовeno dne: nevyplněno  
Podpis: \_\_\_\_\_

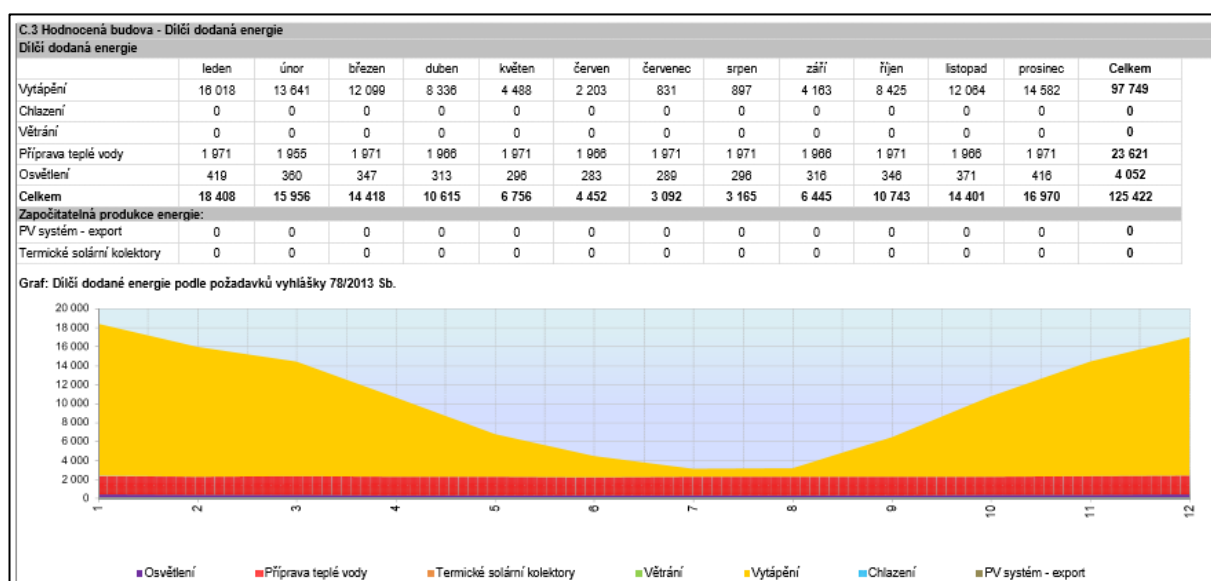
Obr. č. 16 – Strana č. 2 průkazu energetické náročnosti zatepleného bytového domu – varianta II

V následující grafu je ukázka rozdělení celkové dodané energie budovy po zateplení minerální izolací z kamenné vlny. Dílčí dodaná energie na vytápění po zateplení činí 78 % z celkové dodané energie 125,64 MWh/rok. Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody je 19 %, zbylé 3 % obsahují dílčí dodanou energii na osvětlení.



Obr. č. 17 – Graf celkové dodané energie u zatepleného bytového domu – varianta II

V tabulce níže je detailní znázornění dílčí potřeby energie během roku u zatepleného bytového domu – varianty II. Ve srovnání s nezatepleným bytovým domem je dílčí potřeba energie na vytápění během roku výrazně nižší, celkový rozdíl je o 77,1 kWh/rok. Naopak dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody a osvětlení se nemění.



Obr. č. 18 – Dílčí dodaná energie během roku u zatepleného bytového domu – varianta II

## 6.7 NÁKLADY NA PROVOZ BYTOVÉHO DOMU

Díky vytvoření průkazu energetické náročnosti budovy lze zhodnotit náklady na provoz předmětného bytového domu. Nejčastějším řešením, jak snížit náklady na spotřebu energie dodávané do objektu je celkové snížení potřeby vytápění. Toho se většinou dosáhne zateplením objektu. V případě nové výstavby již existují kvalitní zdící materiály, které mají takové vlastnosti, že realizace zateplení není potřeba.

K výpočtu nákladů na roční spotřebu energií je nutné znát jednotlivé ceny energonositelů a roční spotřebu energií, která je patrná z průkazu energetické náročnosti budovy. V bytovém domě je primárním energonositelem zemní plyn, který je využíván na vytápění a přípravu teplé vody. Dále je využívána elektřina pro potřebu osvětlení apod. Ceny zemního plynu a elektřiny se nejčastěji uvádí v jednotkách kWh. Cena zemního plynu se v Olomouckém kraji a městě Šternberk v současné době pohybuje zhruba na cenové hladině 1,48 Kč za 1kWh. Cena elektřiny je průměrně obchodována za jednotkovou cenu 2,79 Kč za 1kWh. Níže v tabulce je uveden výpočet nákladů na spotřebu energií bytového domu.

Tab. č. 22 – Výpočet nákladů na spotřebu energií

Druh konstrukce	Celková roční spotřeba energií [kWh/rok]	Druh dodávané energie	Spotřeba dle dodávané energie [kWh/rok]	Cena energií [Kč]	Celkové náklady dle dodávané energie [Kč/rok]
Stávající konstrukce	202 530	Zemní plyn	198 470	1,48	293 736
		Elektřina	4 060	2,79	11 327
Varianta I - Isover EPS 70F	125 640	Zemní plyn	121 590	1,48	179 953
		Elektřina	4 050	2,79	11 300
Varianta II - Isover TF PROFI	125 420	Zemní plyn	121 370	1,48	179 627
		Elektřina	4 050	2,79	11 300
Varianta III - KOOLTHERM K5	125 800	Zemní plyn	121 750	1,48	180 190
		Elektřina	4 050	2,79	11 300

Z tabulky je patrné, že celkové náklady se po zateplení bytového domu snížili o více jak třetinu. Celkové náklady všech tří navržených variant vychází vzhledem k takřka totožné celkové roční spotřebě tepla velmi podobně.

## 6.8 EKONOMICKÁ NÁVRATNOST INVESTICE

Před samotnou realizací zateplení je nutné uvědomit si, zda vynaložená investice do zateplení má nějakou návratnost. Takové ekonomické vyhodnocení lze provést na základě vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

Ve vyhodnocení investiční návratnosti předmětného bytového domu bude použita metoda prosté doby návratnosti, která odpovídá na otázku, za jak dlouho se investice vrátí bez ohledu na vliv úrokové míry. V případě zateplení bytového domu zjistíme, za jakou dobu si vytvoříme finanční úspory na energiích, aby pokryly finanční prostředky, které byly nutné do realizace zateplení investovat. Je to tedy doba, za kterou se investovaná částka do zateplení vrátí.

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad [\text{roky}]$$

$T_s$                       prostá doba návratnosti

IN                      investiční výdaje projektu                      [Kč]

CF                      roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu)                      [Kč/rok]

V našem případě je prostá doba návratnosti investice rovna podílu nákladů na zateplení a úspory energie.

K celkovému ekonomickému posouzení je také nutné znát životnost navržených tepelně izolačních materiálů. Základní doba životnosti zděných staveb se uvádí 100 let. Dle vyhl. č. 441/2013 Sb., je životnost úprav vnějších povrchů, a tedy i zateplovacích systémů 30 až 60 let. Životnost zateplovacích systémů není u každé stavby totožná. Je důležité nevystavovat izolační materiál negativním faktorům, dbát na kvalitu provedení a následující údržbu.

Dále v tabulce je znázorněn výpočet úspory energie jednotlivých variant zateplení a jejich doba návratnosti.

Tab. č. 23 – Doba návratnosti

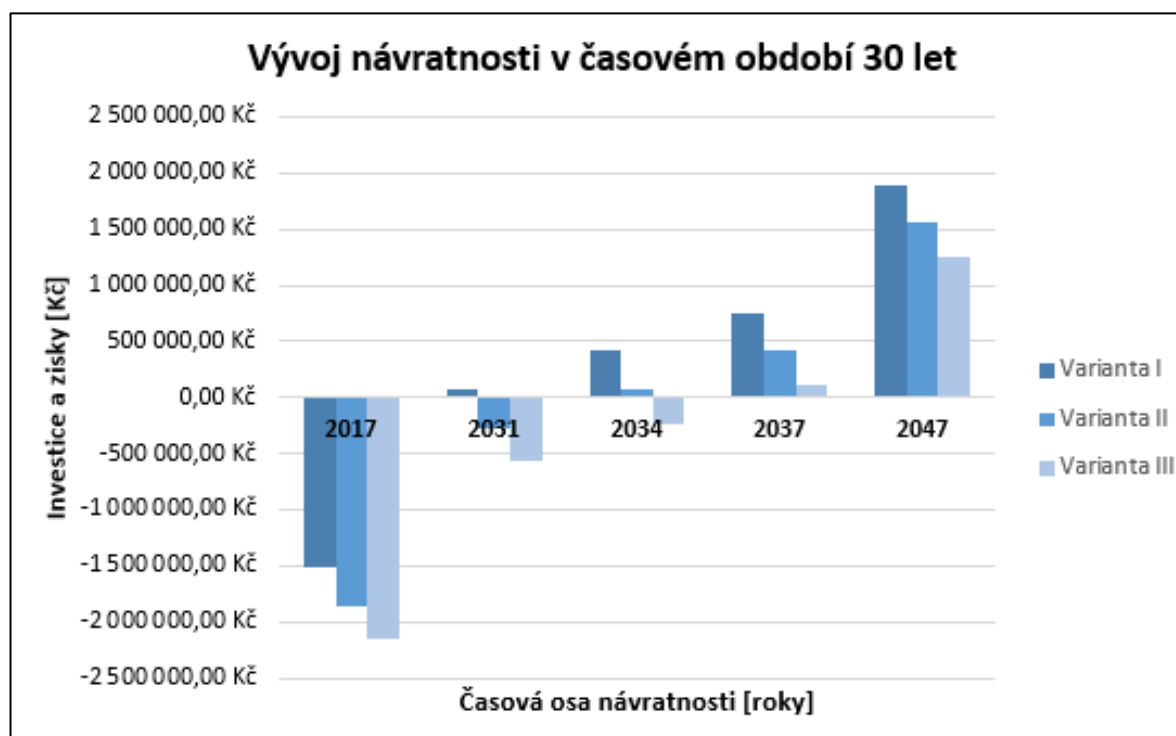
Konstrukce	Celkové náklady na zateplení [Kč]	Celkové roční náklady za energii [Kč/rok]	Celková roční úspora energie [Kč]	Doba návratnosti [rok]
Stávající konstrukce	-	305 063	-	-
Varianta I - Isover EPS 70F	1 517 181	191 253	113 810	13,4
Varianta II - Isover TF PROFI	1 868 152	190 927	114 136	16,4
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	2 160 241	191 490	113 573	19

Z výše uvedené tabulky je patrné, že do všech tří variant se z hlediska spodní hranice životnosti 30 let vyplatí investovat. Veškeré vynaložené finance se u varianty I vrátí zpět už po dokončení 14 let. Naopak doba návratnosti při zateplení fenolickou pěnou činí 19 let.

V tabulce níže bude vypočten celkový zisk navržených variant v době, která je označována jako spodní hranice životnosti izolačních materiálů, tedy 30 let.

Tab. č. 24 – Zisk v době 30 let po zateplení

Parametr	Počáteční investice	Návratnost varianty I	Návratnost varianty II	Návratnost varianty III	Spodní hranice životnosti
Rok	0	14	17	20	30
	2017	2031	2034	2037	2047
Varianta I - Isover EPS 70F	-1 517 181 Kč	72 379 Kč	412 999 Kč	753 619 Kč	1 889 019 Kč
Varianta II - Isover TF PROFI	-1 868 152 Kč	-270 248 Kč	72 160 Kč	414 568 Kč	1 555 928 Kč
Varianta III - Kingspan KOOLTHERM K5	-2 160 241 Kč	-570 219 Kč	-229 500 Kč	111 219 Kč	1 246 949 Kč



Obr. č. 19 – Vývoj návratnosti investice

Výpočet prosté doby návratnosti je zhotoven za předpokladu, že cena zemního plynu a elektřiny bude konstantní. Lze však předpokládat, že ceny energií budou s přibývajícím roky stoupat. V takovém případě by došlo k větší finanční úspoře a celková doba návratnosti investice do zateplení by se zkrátila.

V době spodní hranice životnosti 30 let, kdy hrozí začínající ztráta plné funkčnosti izolačního materiálu, činí u navržené varianty I celkový zisk 1 889 019 Kč. Naopak nejmenší zisk 1 246 969 Kč má varianta III. Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější materiál pro zateplení předmětného bytového domu jeví materiál z expandovaného polystyrenu EPS 70F. Nejméně vhodným materiálem z hlediska návratnosti investice je materiál z fenolické pěny Kingspan KOOLTHERM K5.

## 7 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo vyhodnotit vliv provedení zateplení bytového domu pro seniory ve Šternberku na výdaje spojené s jeho provozem. Na základě návrhu tří variant zateplení byly vyhodnoceny rozdíly nákladů na provozování objektu před provedením zateplení a po provedení zateplení. Poté byla zhodnocena ekonomická návratnost investice do jednotlivých variant zateplení.

V první části diplomové práce se věnuji současné legislativě související se zateplováním budov, která je při návrhu a realizaci zateplení velmi důležitá. Dále jsem se věnoval základním pojmům v energetické náročnosti budov, které jsou podstatné pro veškeré výpočty v praktické části. Pro přehled byly popsány možné varianty hodnocení objektů dle energetické náročnosti budov. Vzhledem k tomu, že hlavním úkolem diplomové práce bylo navrhnout vhodný tepelně – izolační materiál, věnoval jsem se i tepelným izolacím, které jsou v současné době nabízeny na trhu. Na závěr teoretické části byla popsána možnost rozpočtování staveb.

V druhé části diplomové práce jsem se zabýval popisem předmětného objektu, na který jsem navrhl tři varianty možného zateplení.

- Varianta I – Isover EPS 70F (expandovaný polystyren)
- Varianta II – Isover TF PROFI (kamenná vlna)
- Varianta III – Kingspan KOOLTHERM K5 (fenolická pěna)

Vzhledem ke skutečnosti, že celý objekt je celoplošně podsklepen, byla navržena i izolace spodní stavby, která byla zvolena z extrudovaného polystyrenu XPS Synthos D 30 L. Tento materiál je standardním řešením pro izolaci spodní stavby.

Všechny navržené varianty byly posouzeny v programu Teplo 2014, kde byl vypočten součinitel prostupu tepla s následným vyhodnocením požadavků dle ČSN 73 0540-2. Požadované hodnoty nesplnila pouze současná skladba konstrukce obvodového pláště, která je řešena z cihel plných pálených.

V programu BUILTpoweS byl sestaven položkový rozpočet pro všechny navržené varianty zateplení. Z položkových rozpočtů je zřejmé, že náklady na zateplení z materiálu fenolické pěny jsou vyčísleny na 2 160 241 Kč jako nejdražší, a to i přes to, že bylo kalkulováno s tloušťkou izolačního materiálu 100 mm, což je o 80 mm méně než u varianty I a II. Jako finančně nejméně náročný způsob zateplení z řešených izolačních materiálů byla

vyčíslena varianta I z expandovaného pěnového polystyrenu na 1 517 181 Kč. Varianta II se zateplením z materiálu kamenné vlny byla vyčíslena na 1 868 152 Kč.

Dále jsem se zaměřil na spotřebu energií u jednotlivých variant zateplení. Vzhledem k tomu, že jednotlivé varianty byly navrženy na doporučený součinitel prostupu tepla, byly výpočtním programem NKN II zjištěny takřka totožné výsledky celkové roční spotřeby energií pohybující se kolem 125 500 kWh/rok. Všechny navržené varianty spadají svojí energetickou náročností do třídy B, která je klasifikována jako velmi úsporná.

V poslední části diplomové práce byla vyhodnocena prostá doba návratnosti všech variant zateplení. Obvyklá doba životnosti použitých izolačních materiálů se pohybuje od 30 let do 60 let. První varianta dosáhla návratnosti již za 13,4 let, druhá varianta za 16,4 let a třetí varianta za 19 let. Z výše uvedeného je patrné, že z ekonomického hlediska se vyplatí všechny varianty. Výpočet prosté doby návratnosti byl zhotoven za předpokladu, že cena zemního plynu a elektřiny bude konstantní. Lze však předpokládat, že ceny energií budou s přibývajícím rokem stoupat. V takovém případě by došlo k větší finanční úspoře a celková doba návratnosti investice do zateplení by se zkrátila.

Při uvažované spodní hranici životnosti 30 let, kdy hrozí začínající ztráta plné funkčnosti izolačního materiálu činí u navržené varianty I celkový zisk 1 889 019 Kč. Naopak nejmenší zisk 1 246 969 Kč má varianta III. Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější materiál pro zateplení předmětného bytového domu jeví materiál z expandovaného polystyrenu EPS 70F.

Lze tedy říci, že všechny navržené varianty se z ekonomického hlediska vyplatí a jejich realizace by přispěla k tepelnému komfortu v budově a ochrany životního prostředí díky snížení potřeby vytápění.



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Zákon č. 406/2000 Sb. *o hospodaření energií*: § 9a Energetický posudek. 2000
- (2) HUDCOVÁ, L., a kol. *Energetická náročnost budov*. Praha: EkoWATT, 2009, 44 s. ISBN 978-80-87333-03-7.
- (3) Tepelná ochrana budov. *www.stavebniny-rychle.cz* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/polystyren/http://www.stavebniny-rychle.cz/co-znamená-norma-csn-73-0540-tepelna-ochrana-budov.html>
- (4) Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. ŠUBRT, R. *www.tzb-info.cz* [online]. 2012 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-vestavebnich-konstrukcich>
- (5) Tepelné mosty. *www.lepebydlet.cz* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.lepebydlet.cz/tepelne-mosty-predstavuji-ztraty-a-riziko>
- (6) ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Říjen 2011. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- (7) Tepelné mosty, tepelné ztráty. *www.termohospital.cz* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.termohospital.cz/clanek/142237-tepelny-most-tepelne-ztraty-u-rodinneho-domu>
- (8) ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové hodnoty*. Červen 2005. Praha: Český normalizační institut, 2005
- (9) Normové hodnoty součinitele prostupu tepla. *www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/31-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2007-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- (10) Tepelný odpor. *www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- (11) Prostup tepla stavební konstrukcí. *www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>

- (12) Součinitel tepelné vodivosti. [www.tzb-info.cz](http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti) [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
- (13) Obálka budovy. [www.benvelop.cz](http://www.benvelop.com/obalka-budovy.php) [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.benvelop.com/obalka-budovy.php>
- (14) ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*. Červen 2005. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- (15) Ministerstvo průmyslu a obchodu. [www.mpo.cz](https://www.mpo.cz/dokument119528.html) [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument119528.html>
- (16) Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. 2000
- (17) Vzor PENB. [www.energetickystitekbydovy.cz](http://www.energetickystitekbydovy.cz) [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.energetickystitekbydovy.cz>
- (18) KALOUSEK, M. *Stavby s nízkou energetickou náročností, Modul 01*. Brno 2009, 190 s.
- (19) RUBINOVÁ, O.; POČINKOVÁ, M.; ČUPROVÁ, D. *Úsporný dům*. Stavíme. Brno: CPress Brno, 2012. 183 s. ISBN: 978-80-264-0014-1.
- (20) Energetické hodnocení budov. RUBINOVÁ, O. [www.mpo-efekt.cz](http://www.mpo-efekt.cz) [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: [www.mpoefekt.cz/upload/./4582\\_sfvut\\_brno\\_energeticke-hodnoceni-budov.pdf](http://www.mpoefekt.cz/upload/./4582_sfvut_brno_energeticke-hodnoceni-budov.pdf)
- (21) Zkoušky kvality. [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz) [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/nepruvzdusnost-zkousky-kvality/t371?chapterId=1817>
- (22) Zákony ČR o nulových domech. [www.nulovedomy.cz](http://www.nulovedomy.cz) [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.nulovedomy.org/co-stanovuji-zakony/>
- (23) Aktivní domy. [www.vesperhomes.cz](http://www.vesperhomes.cz) [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.vesperhomes.cz/cs/nizkoenergeticky-a-pasivne/aktivni-domy/>
- (24) Aktivní domy. [www.pasivni-domy-pasea.cz](http://www.pasivni-domy-pasea.cz) [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.pasivni-domy-pasea.cz/aktivni-domy>
- (25) ŠUBRT, R. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1.vyd. Praha: BEN, 2005, 143 s. ISBN 80-730-0159-4

- (26) Minerální vláknité izolace. *www.izolace-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/vlaknite-izolace/>
- (27) VLČEK, M., BENEŠ, P. *Zateplování staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2000. 107 s. ISBN 80-7204-164-9
- (28) Extrudovaný polystyren. *www.izolace-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/polystyren/extrudovany-polystyren/>
- (29) Expandovaný polystyren. *www.izolace-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/polystyren/expandovany-polystyren/>
- (30) Pur, Pir, fenolická pěna. *www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
- (31) Pěnové sklo. *www.izolace-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/penove-sklo/>
- (32) ŠÁLA, J., MACHATKA, M. *Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 190 s. ISBN 80-247-0224-x.
- (33) Zateplovací systémy. *www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy>
- (34) Kontaktní zateplení. *www.stavebniny-rychle.cz* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/kontakti-zatepleni-obvodove-zdi-skladba-a-prurez-3d.html>
- (35) ÚRS PRAHA, a.s. *Rozpočtování a oceňování stavebních prací*, 2009.
- (36) RTS BUILDpowerS. *www.rts.cz* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: [http://www.rts.cz/buildpower\\_s.aspx](http://www.rts.cz/buildpower_s.aspx)
- (37) Katastr nemovitostí. *www.nahlizenidokn.cz* [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://nahlizidenidokn.cuzk.cz/>
- (38) Mapy. *www.mapy.cz* [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.2860500&y=49.7259650&z=17&pano=1&pid=34947580&yaw=0.460&fov=1.257&pitch=-0.123&source=muni&id=1>

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VŠKP vysokoškolská kvalifikační práce

DP diplomová práce

ČSN česká státní norma

EPS expandovaný polystyren

ETICS External Thermal Insulation Composite System

NKN Národní kalkulační nástroj

PENB průkaz energetické náročnosti budov

ŽB železobeton

PUR polyuretan

MW minerální vata

A plocha [ $\text{m}^2$ ]

U součinitel prostupu tepla

$U_N$  normový součinitel prostupu tepla

XPS extrudovaný polystyren

$\rho$  objemová hmotnost vrstvy (konstrukce) [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$\lambda$  návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W}/(\text{mK})$ ]

$\lambda_D$  deklarovaný součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W}/(\text{mK})$ ]

U součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]

$\Phi$  tepelné ztráty [ $\text{W}$ ]

$\Phi_e$  relativní vlhkost vzduchu – exteriér [%]

$\Phi_i$  relativní vlhkost vzduchu – interiér [%]

$M_c$  výpočtová hodnota zkondenzované vodní páry uvnitř kece [ $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ ]

$M_{c,N}$  požadovaná hodnota zkondenzované vodní páry uvnitř kece [ $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ ]

$M_{ev}$  roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce [ $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ ]

$\mu$	faktor difuzního odporu [-]
m. j.	měrná jednotka
MPa	megapascal, jednotka tlaku
°	stupně
%	procenta
$T_S$	prostá doba návratnosti [roky]
$U_{em}$	průměrný součinitel prostupu tepla [ $W/(m^2K)$ ]
$U_{em,N}$	požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [ $W/(m^2K)$ ]
$U_e$	výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla – exteriér [ $W/(m^2K)$ ]
$U_i$	výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla – interiér [ $W/(m^2K)$ ]
$R_T$	odpor konstrukce při prostupu tepla [ $(m^2K)/W$ ]
$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní (interiérové) straně konstrukce [ $(m^2K)/W$ ]
$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější (exteriérové) straně konstrukce [ $(m^2K)/W$ ]
$R_j$	tepelný odpor při přestupu tepla j-té vrstvě konstrukce [ $(m^2K)/W$ ]
$f_{Rsi}$	teplotní faktor vnitřního povrchu [-]
$f_{Rsi,N}$	požadovaná hodnota nejnižšího teplotní faktor vnitř. povrchu [-]
$\theta_{ai}$	návrhová teplota vnitřního vzduchu [ $^{\circ}C$ ]
$\theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota konstrukce [ $^{\circ}C$ ]
$\theta_{si,min,N}$	pož. hodnota nejnižšího teploty odpovídající nejnižšímu dovolenému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu [-]
$\theta_e$	návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období [ $^{\circ}C$ ]
$\theta_i$	návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období [ $^{\circ}C$ ]
$\theta_{sik}$	vnitřní povrchová teplota v koutě konstrukce [ $^{\circ}C$ ]
$\Delta \theta_i$	teplotní přírážka [ $^{\circ}C$ ]
$H_T$	měrná ztráta prostupem tepla

HSV hlavní stavební výroba  
PSV přidružená stavební výroba  
ÚT ústřední topení

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

*Obr. č. 1 – Viditelný únik tepla konstrukcí zaznamenaný termokamerou. (7)*

*Obr. č. 2 – Vzor PENB strana č. 1 (17)*

*Obr. č. 3 – Vzor PENB strana č. 2 (17)*

*Obr. č. 4 – Skelná izolační role Isover (26)*

*Obr. č. 5 – Minerální vata Isover (26)*

*Obr. č. 6 – Extrudovaný polystyren Styrodur (28)*

*Obr. č. 6 – Expandovaný polystyren Isover (29)*

*Obr. č. 7 – Skladba kontaktního zateplovacího systému (34)*

*Obr. č. 8 – Pohled na bytový dům s pečovatelskou službou*

*Obr. č. 9 – Výřez z katastrální mapy (37)*

*Obr. č. 10 – Situování bytového domu (37)*

*Obr. č. 11 – Strana č. 1 průkazu energetické náročnosti stávajícího nezatepleného bytového domu*

*Obr. č. 12 – Strana č.2 průkazu energetické náročnosti stávajícího nezatepleného bytového domu*

*Obr. č. 13 – Graf celkové dodané energie u nezatepleného bytového domu*

*Obr. č. 14 – Dílčí dodaná energie během roku u nezatepleného bytového domu*

*Obr. č. 15 – Strana č. 1 průkazu energetické náročnosti zatepleného bytového domu – varianta II*

*Obr. č. 16 – Strana č. 2 průkazu energetické náročnosti zatepleného bytového domu – varianta II*

*Obr. č. 17 – Graf celkové dodané energie u zatepleného bytového domu – varianta II*

*Obr. č. 18 – Dílčí dodaná energie během roku u zatepleného bytového domu – varianta II*

*Obr. č. 19 – Vývoj návratnosti investice*

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

*Tab. č. 2 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 (9)*

*Tab. č. 2 – Hodnoty tepelného odporu dle ČSN 73 0540-3:2011 (11)*

*Tab. č. 3 – Porovnání hodnot koeficientu  $n_{50}$  v závislosti na rozdílném způsobu větrání dle ČSN 73 0540-2. (21)*

*Tab. č. 4 – Stávající konstrukce spodní stavby bez zateplení*

*Tab. č. 5 – Stávající konstrukce obvodového pláště bez zateplení*

*Tab. č. 6 – Návrh zateplení pod terénem*

*Tab. č. 7 – Návrh zateplení soklu*

*Tab. č. 8 – Návrh zateplení obvodového pláště expandovaným polystyrenem Isover EPS 70F*

*Tab. č. 9 – Návrh zateplení obvodového pláště minerální izolací z kamenné vlny Isover TF PROFI*

*Tab. č. 10 – Návrh zateplení obvodového pláště fenolickou pěnou Kingspan KOOLTHERM K5*

*Tab. č. 11 – Okrajové podmínky a hodnoty použité ve výpočtu*

*Tab. č. 12 – Výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  a jeho porovnání s normovými požadavky  $U_N$*

*Tab. č. 13 – Výpočet teplotního faktoru  $f_{Rsi}$  a jeho porovnání s normovými požadavky  $f_{Rsi,N}$*

*Tab. č. 14 – Výpočet šíření vlhkosti konstrukcí a jeho porovnání s normovými požadavky*

*Tab. č. 15 – Položkový rozpočet varianty I*

*Tab. č. 16 – Rekapitulace dílů varianty I*

*Tab. č. 17 – Položkový rozpočet varianty II*

*Tab. č. 18 – Rekapitulace dílů varianty II*

*Tab. č. 19 – Položkový rozpočet varianty III*



*Tab. č. 20 – Rekapitulace dílů varianty III*

*Tab. č. 21 – Spotřeba energií v bytovém domě*

*Tab. č. 22 – Výpočet nákladů na spotřebu energií*

*Tab. č. 23 – Doba návratnosti*

*Tab. č. 24 – Zisk v době 30 let po zateplení*

## 12 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A - TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZÁNÍ V PROGRAMU TEPLO 2014

PŘÍLOHA B - VÝPOČET NÁKLADŮ NA PROVOZ BD V PROGRAMU NKN II

- Grafický průkaz energetické náročnosti budov, protokol průkazu a analýza energetických potřeb stávající nezateplené budovy
- Grafický průkaz energetické náročnosti budov, protokol průkazu a analýza energetických potřeb navržené varianty I
- Grafický průkaz energetické náročnosti budov, protokol průkazu a analýza energetických potřeb navržené varianty II
- Grafický průkaz energetické náročnosti budov, protokol průkazu a analýza energetických potřeb navržené varianty III

PŘÍLOHA C - POLOŽKOVÝ ROZPOČET V PROGRAMU BUILDpowerS

- Varianta I - zateplení pěnovým polystyrenem Isover EPS 70F
- Varianta II - zateplení minerální izolací z kamenné vlny Isover TF
- Varianta III - zateplení fenolickou pěnou Kingspan KOOLTHERM K5

PŘÍLOHA D - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- Půdorys 1. PP
- Půdorys 1. NP
- Půdorys 2. NP
- Půdorys krovu
- Řez A-A
- Pohledy